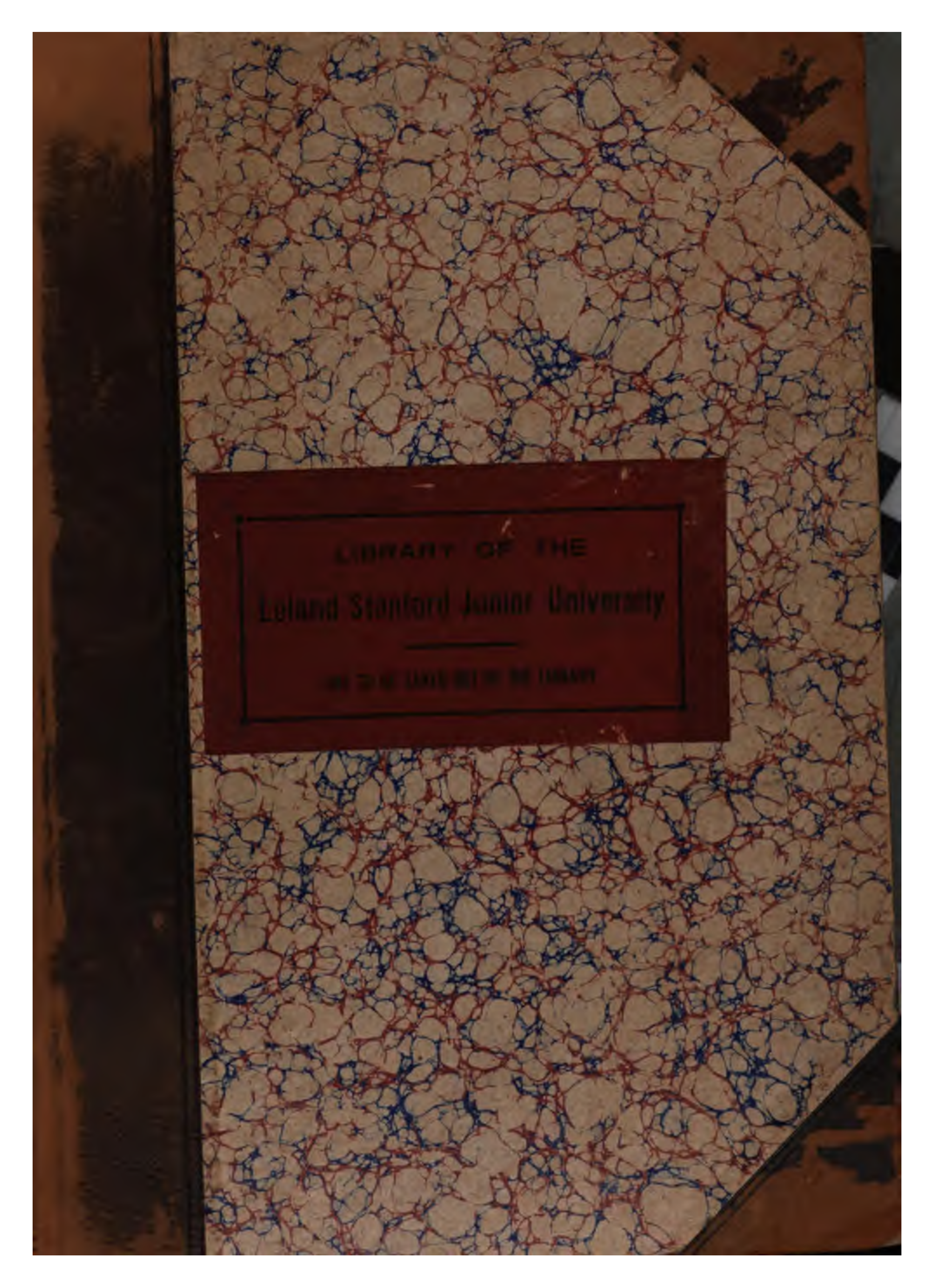
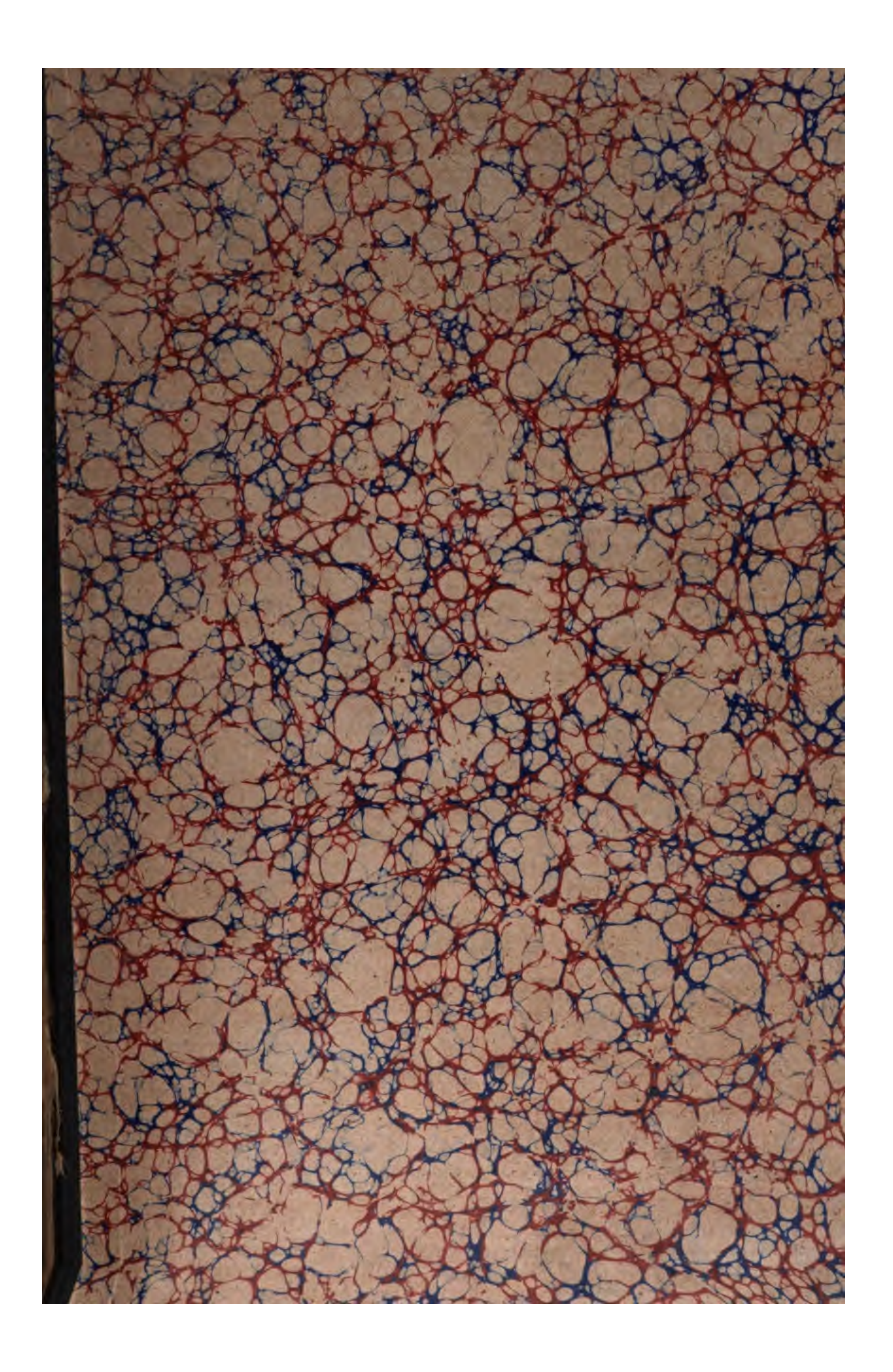

LIBRARY OF THE
Leland Stanford Junior University











# ZELLBILDUNG

UND

# ZELLTHEILUNG.

VON

Dr. ED. STRASBURGER,
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT JENA.

DRITTE, VÖLLIG UMGEARBEITETE AUFLAGE.

MIT XIV TAFELN UND EINEM HOLZSCHNITT.

JENA.
VERLAG VON GUSTAV FISCHER
(VORMALS FRIEDRICH MAUKE).
1880.

## Vorwort zur dritten Auflage.

Mit erhöhtem Interesse hat die Forschung der letzten Jahre die Fragen nach dem Werden der Zelle wieder aufgenommen. Diesem Umstande vor Allem hat das vorliegende Buch sein Erscheinen in nunmehr dritter Auflage zu verdanken. Es wendet sich dasselbe auch nicht an den Botaniker allein, vielmehr an jeden Histologen und verfügt somit über einen grösseren Leserkreis als speciell botanische Arbeiten.

Die zahlreichen Veröffentlichungen, welche dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Buches folgten, haben fast übereinstimmend den Satz bestätigt, dass die Vorgänge der Zellbildung und Zelltheilung sich in gleicher Weise im Thier- und Pflanzenreiche abspielen. Aus diesem Grunde fühlte ich mich veranlasst, die Ergebnisse der zoohistologischen Forschung, möglichst vollständig, auch in die vorliegende Auflage aufzunehmen.

Um den Botaniker mit diesen Ergebnissen vertraut zu machen, ist eine Tafel des Werkes ausschliesslich den thierischen Zellen gewidmet worden: sie bringt eine Blumenlese aus den neueren zoohistologischen Publikationen.

Ein Blick in diese neue Auflage wird lehren, dass dieselbe vollständig umgearbeitet worden ist; kaum mehr als die Eintheilung der ersten beiden Auflagen blieb unverändert beibehalten. Ein weiterer Vergleich wird zeigen, dass das Gebiet meiner Untersuchungen sehr gewachsen ist. Viele Objecte sind hier zum ersten Mal behandelt. Wo aber auf früher schon beschriebene Gegenstände zurückgegriffen wird, geschieht dies fast immer auf Grund erneuerter Prüfung. Nur wenige Figuren gingen völlig unverändert von den früheren Auflagen in diese über.

Ich glaube annehmen zu können, dass das vorliegende Buch so ziemlich die Mannigfaltigkeit der Zellbildungsvorgänge auf

pflanzlichem Gebiete erschöpft. Damit soll nicht gesagt sein, dass ich die ganze Aufgabe hier für abgeschlossen halte. Im Gegentheil bleiben weitere Untersuchungen mehr als erwünscht; dieselben müssten sich aber, so meine ich, vor allen Dingen auf das Studium der Einzelheiten beziehen. Es wird jedenfalls jetzt, wo die Erscheinungen der Hauptsache nach zusammengestellt sind, mehr darauf ankommen, die bekannt gewordenen Fälle noch eingehender zu prüfen, als nach neuen zu suchen. Das Detailstudium wird hier noch viel des Wichtigen und Interessanten zu fördern haben und uns sicherlich noch manchen tieferen Blick in das Wesen dieser Vorgänge verschaffen.

Dem dritten Theile dieses Buches habe ich sehr viel Sorgfalt gewidmet, derselbe basirt übereinstimmend auf den Resultaten der botanischen und zoologischen Forschung. Ich versuchte es dort einige allgemeinere Gesichtspunkte aufzustellen, welche ihre Stellung in der Wissenschaft sich zum Theil noch zu erkämpfen haben werden.

Die Vorgänge der Befruchtung sind aus vorliegender Auflage ganz ausgeschlossen worden. Erstens ist das Material über Zellbildung und Zelltheilung so weit angewachsen, dass es eine gesonderte Behandlung verlangte; zweitens habe ich die in Frage stehenden Processe erst vor Kurzem in einer besonderen Arbeit geschildert.

Jena im Juni 1880.

**Eduard Strasburger.**

# Inhaltsverzeichniss.

Seite

## Erster Theil.

### Ueber Zellbildung und Zelltheilung im Pflanzenreiche.

#### Freie Zellbildung.

## Zweiter Theil.

### Ueber Zellbildung und Zelltheilung im Thierreiche.



#### Freie Zellbildung.

Zelltheilung.

Diesbezügliche Arbeiten von:



*

# ERSTER THEIL.

---

## Ueber Zellbildung und Zelltheilung
### im Pflanzenreiche.

## Freie Zellbildung.

Die freie Zellbildung stellte Schleiden[1]) zunächst als die einzige in der Natur vorkommende Entstehungsweise der Zellen auf; selbst die Zellen im Cambium der Dicotylen sollten sich durch freie Zellbildung vermehren[2]). Er gab an, dass in der zellbildenden Schleimmasse zunächst einzelne grössere, schärfer gezeichnete Kernchen (nucleoli) und bald nachher um diese, gleichsam als granulöse Coagulationen, die Cytoblasten auftreten. Haben diese ihre völlige Grösse erreicht, so hebt sich von ihnen einseitig die junge Zelle, als ein feines, durchsichtiges Bläschen ab[3]). Erst in der zweiten Auflage seiner Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik[4]) gab Schleiden die Existenz der Zelltheilung auf Grund der Nägeli'schen und v. Mohl'schen Untersuchungen zu.

Der Schleiden'schen Auffassung über die Entstehung der Zellen schloss sich Schwann fast unbedingt an. In seinen berühmten „mikroskopischen Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen“[5]) lässt er zu Beginn der Zellbildung ein Kernkörperchen auftreten, um dieses den Zellkern sich niederschlagen und um letzteren wiederum die Zellmembran, die sich bei weiterem Wachsthum von dem Zellkern abhebt. Den Vorgang selbst vergleicht er bekanntlich mit einem Krystallisationsprocess[6]) und stellt als zulässige Hypothese die Ansicht auf, „dass die Organismen nichts

1) Beiträge zur Phytogenesis in Müller's Archiv 1838, p. 137.

2) Anat. d. Cacteen (Mém. de l'Acad. Imp. de sc. de St. Petersb. VI. Ser. T. IV. 1839). Separat-Abdr. p. 35.

3) Müller's Archiv p. 145.

4) p. 201, 1845.

5) 1839, p. 207.

6) l. c. p. 241 u. ff.

sind als die Formen, unter denen imbibitionsfähige Substanzen krystallisiren [1]." Eine Theilung der Zellen findet aber nach Schwann statt, wenn durch ringförmig um die Zelle erfolgendes stärkeres Wachsthum der Zellmembran, eine Einstülpung derselben in die Höhle der Zelle hinein erfolgt und bis zu deren Trennung in zwei Zellen fortschreitet [2]).

Die Untersuchungen, welche Nägeli über die freie Zellbildung im Embryosacke der Phanerogamen anstellte, machten es ihm wahrscheinlicher, dass zuerst das „Kernchen" und um dasselbe nachher der Kern entstehe. Um letzteren soll sich dann Schleim sammeln, der sich an der Oberfläche von einer Membran umgiebt [3]).

Hugo v. Mohl zufolge, soll der Bildung von freien Zellen die Bildung von Zellkernen vorausgehen. Diese entstehen als Concentrationspunkte in Form von mehr oder weniger durchscheinenden Kernen, um welche sich eine grössere oder kleinere Partie des benachbarten Protoplasma sammelt und nach aussen zunächst durch einen Primordialschlauch, dann auch durch eine Cellulose-Membran abgrenzt.

Schacht [4]) lässt bei freier Zellbildung zunächst glänzende Kügelchen, dann vollständige Zellkerne auftreten. Um letztere bildet sich eine Protoplasmahülle, deren äusserste Schicht zur Cellulose-Membran erhärtet und durch Wasser-Aufnahme ausgedehnt, sich vom Zellkern abhebt.

Die Entstehung der Zellkerne bei freier Zellbildung im Embryosacke der Phanerogamen lässt sich nach Dippel [5]) nicht mit voller Sicherheit verfolgen, man trifft immer schon ausgebildete kleinere und grössere freie Zellkerne, die das Kernkörperchen und ein deutliches Häutchen erkennen lassen. Um einzelne dieser Zellkerne sieht man dichtere Protoplasmamassen angehäuft, zunächst noch ohne scharfe Umgrenzung, dann mit zarter, endlich mit doppeltem Contour und Zellstoffhülle.

Besondere ausführliche Angaben über freie Zellbildung verdanken wir Hofmeister [6]). Zu Beginn der Endospermbildung im

---

1) l. c. p. 257.

2) l. c. p. 218.

3) Zeitschrift für Wiss. Botanik, III. u. IV. Heft, p. 34 u. 36. 1846.

4) Pflanzenzelle p. 50. 1852. Lehrbuch der Anat. u. Phys. der Pflanzen. Bd. I, p. 69. 1865.

5) Mikroskop, Bd. II, 1869, p. 43.

6) Entstehung des Embryo der Phanerogamen. 1849, p. 11 und zuletzt in der Lehre von der Pflanzenzelle, 1867, p. 116.

Embryosacke der Mehrzahl der Phanerogamen wird, nach Hofmeister, zunächst der primäre Zellkern aufgelöst; dann treten im Wandbeleg aus Protoplasma gleichzeitig freie Zellkerne auf, zunächst ohne feste Bildung im Innern. Erst später entstehen in ihnen die Kernkörperchen. Die Zellkerne sind, wo sie in grosser Anzahl simultan gebildet werden, in ziemlich gleichmässigen Abständen vertheilt. Um jeden Zellkern häuft sich ein Ballen dichteren Protoplasmas, dessen Peripherie die Beschaffenheit einer Hautschicht besitzt und der so eine Primordialzelle darstellt. Die Zellen sind zunächst von einander getrennt, berühren sich aber alsbald bei weiterem Wachsthum und scheiden feste Membranen von Cellulose aus. In den noch freien Endospermzellen sollen Tochterzellen, doch kaum je mehr als vier, durch freie Zellbildung entstehen können.

Die freie Zellbildung dehnt sich nach Hofmeister[1]) über drei Reihen von Entwicklungsvorgängen aus: „die Bildung der Keimbläschen (und Gegenfüsslerzellen der Keimbläschen, insofern solche vorkommen), der Phanerogamen, Gymnospermen, Gefässkryptogamen und Muscineen; die Zellbildung im Embryosacke, welche bei vielen Phanerogamen zur Entstehung des Endosperms, bei den Gymnospermen zu der des Eiweisskörpers, und diejenige, welche in den Makrosporen von Lycopodiaceen zur Anlegung des Gewebes des Prothallium führt; endlich die Entwicklung der Sporen der Flechten und der Ascomyceten, derjenigen Pilze, welche gleich den Flechten ihre Fortpflanzungszellen frei in den Mutterzellen (Schläuchen, Ascis) bilden."

In den ersten beiden Auflagen dieses Buches[2]) gab ich eine Schilderung der Vorgänge bei der freien Zellbildung im Embryosacke von Phaseolus. Ich glaubte zu finden, dass die Zellkerne in dem Wandbeleg aus Protoplasma dort als kleine, dichte, durch Wachsthum sich vergrössernde Kügelchen auftreten, welche von Anfang an von einer helleren Zone, der zugehörigen und sich dann entsprechend vergrössernden Zelle, umgeben sind. Bei fortgesetztem Wachsthum sollten die Zellen aufeinanderstossen und sich zu einem geschlossenen Gewebe vereinigen. Wie sich später zeigte, waren die von mir als Kerne geschilderten Gebilde die Kernkörperchen, die als Zellen beschriebenen die Kerne. Die bedeutende Grössenzunahme und das endliche Aufeinanderstossen

1) Lehre von der Pflanzenzelle p. 113.

2) 1875 u. 1876.

der Kerne stellte sich als Desorganisationserscheinung heraus. Ich folgte, indem ich Phaseolus zum Studium erwählte, dem Beispiel früherer Forscher, und war in der Vorstellung befangen, dass sich, entsprechend allen älteren Angaben, die ursprünglich frei entstandenen Zellen erst nachträglich vereinigen. Daher konnte ich mich so leicht bei der Beobachtung des abnormen, blasenförmigen Anwachsens und des seitlichen Aufeinanderstossens der Gebilde, die ich für Zellen hielt, beruhigen. An Phaseolus lässt sich aber, wie wir im Folgenden sehen sollen, der normale Vorgang der freien Endospermbildung überhaupt nicht verfolgen und war somit das Object besonders unglücklich für diese Art Studium gewählt.

Dann fand Hegelmaier, Alkohol-Material wie ich zur Untersuchung verwendend, in dem Embryosack von Eschscholtzia, die Zellkerne als dichtere, feinkörnige, runde, deutlich umschriebene, aber von keinem differenten Contour umgebene Partieen in dem feinkörnigen Wandbeleg aus Protoplasma. Sie umschlossen je ein grosses, stark lichtbrechendes Kernkörperchen. Frühere Zustände fand Hegelmaier nicht, giebt aber an, nicht sehr viel Zeit auf das Aufsuchen solcher verwendet zu haben, und glaubt er, „dass das Auftreten dieser Bildungen“ rasch erfolgt[1]). Sie sind in gleichen Abständen in dem Wandbeleg vertheilt. Zunächst ist um die einzelnen Kerne eine Abgrenzung von Plasmaportionen nicht wahrzunehmen, später häuft sich aber um jeden Kern das Protoplasma, mit diesem zusammen eine dunklere Areole bildend. Diese Areolen erscheinen von feinen, radienförmig verlaufenden Strängen körniger Substanz umgeben. Die Radiensysteme stossen zwischen je zwei Kernen, in gleicher Entfernung von diesen, zusammen. Bald darauf werden dort, von der Mikropyle gegen die Chalaza des Eichens fortschreitend, feinkörnige Trennungslinien ausgebildet. Gegen chemische Reagentien verhalten sich diese Linien wie das übrige Protoplasma. — Bei Hypecoum deuten die Untersuchungen eine Uebereinstimmung der Vorgänge mit Eschscholtzia an[2]), auch bei Chelidonium und Glaucium[3]): „Das für obige Pflanzen Beobachtete auf solche anderer Verwandtschaften übertragen zu wollen, kann mir,“ schreibt Hegelmaier weiter, „um so weniger in den Sinn kommen, als z. B. auch bei Cory-

1) Vergl. Unters. über Entw. Dikotyledoner Keime, p. 92. 1878.
2) l. c. p. 97.
3) l. c. p. 98.

dalis die Endospermbildung jedenfalls verschiedene Erscheinungen zeigt [1]).“ Am Schlusse hebt Hegelmaier noch besonders hervor: dass es nur ausnahmsweise vorkam, dass zwei Kerne einander im Verhältniss zu ihren Distanzen von anderen Kernen genähert lagen, und dass es auch dann an Anhaltspunkten für die etwaige Annahme einer stattgehabten Theilung fehlte [2]).

Hierauf suchte ich in einem, in der botanischen Zeitung [3]) erschienenen Aufsatz zu zeigen: dass es eine freie Entstehung von Zellkernen bei freier Endospermbildung gar nicht giebt; dass bei diesem Vorgang der Embryosackkern gar nicht aufgelöst wird, vielmehr in Theilung eingeht und dass alle Kerne, die frei in dem protoplasmatischen Wandbeleg des Embryosacks liegen, die Nachkommen dieses Embryosackkerns sind; dass aber die Bildung der Zellen um diese Kerne im Wesentlichsten in der, von Hegelmaier für Eschscholtzia geschilderten Weise vor sich geht, doch so, dass die Strahlen um die Kerne nicht erst auf einander zu stossen haben, vielmehr von ihrem Auftreten an, in continuirlichem Verlauf, die Zellkerne verbinden. — Meine Untersuchungen auf die Vorgänge in den Eiern der Gymnospermen und in den Schläuchen der Ascomyceten ausgedehnt, ergaben die bei der Endospermbildung gewonnenen, entsprechenden Resultate.

Hingegen trat wiederum Darapsky in der botanischen Zeitung [4]) mit der Angabe auf, dass bei Hyacinthus ciliatus M. B. die Endospermkerne frei auftauchen, während der Doppelkern des Embryosackes schwindet. Die jungen Endospermkerne sollen sich als Vereinigungen von Körnchen, um welche ein lichter, leise hingehauchter Contour auftaucht, offenbaren, neue Kerne zwischen schon vorhandenen ihren Ursprung nehmen. Ornithogalum umbellatum und Anthericum ramosum giebt Darapsky als mit Hyacinthus übereinstimmend an; bei Myosurus minimus konnte er weder die Theilung des secundären Embryosackkerns, noch der Endospermkerne fixiren; im Uebrigen lässt er es dahingestellt, ob der Vorgang der Endospermbildung sich nicht in den einzelnen Fällen verschieden verhalte.

Schon nach Fertigstellung des Manuscripts für das vorliegende Buch erschienen Untersuchungen von Hegelmaier über die Endo-

---

1) l. c. p. 89.
2) l. c. p. 98.
3) Ende April 1879. Sp. 26[illegible]
4) 29. August 1[illegible]

spermentwicklung von Lupinus [1]). Hegelmaier kann zwar nicht angeben, ob die zahlreichen Endospermkerne im Embryosacke von Lupinus aus der Theilung eines einzigen hervorgehen, doch spricht hierfür, meint er, nach heutigen Anschauungen alle Wahrscheinlichkeit [2]). Die zahlreichen Zellkerne bilden eine einfache Schicht in der Substanz des Plasmaschlauches, nur im Chalazaende findet man bei L. luteus eine Gruppe von Kernen dichter gedrängt, selbst in eine Doppelschicht angeordnet und in eine reichlichere, mitunter polsterförmig in die Cavität vorragende Plasmaansammlung eingebettet. Zur Zellbildung kommt es um diese Kerne nicht, sie werden vielmehr nach einiger Zeit rückgebildet, unter bedeutender Volumenzunahme und Vacuolisirung ihres Körpers. Hierbei nehmen auch die Kernkörperchen beträchtlich an Grösse und Lichtbrechungsvermögen zu und sie können vor ihrer definitiven Auflösung in kleinere, glänzende Abschnitte zerfallen. In der Umgebung des Keims wird hingegen ein, nur einen bestimmten Theil der Samenhöhle ausfüllender Endospermkörper erzeugt. Hier nimmt der Plasmaschlauch an Dicke zu und findet eine starke Vermehrung der Zellkerne statt, verbunden mit lebhafter Vacuolenbildung. Von diesem vacuolenreichen Plasma wird schliesslich der Keim ganz eingeschlossen; es füllt den vorderen Theil der Samenhöhle aus. Die zahlreichen kleinen Kerne halten sich vorwiegend in den Knotenpunkten des Maschenwerkes auf. Das körnige Plasma sammelt sich immer mehr in der Umgebung der Kerne an, und die einzelnen so entstandenen Plasmapartien hängen schliesslich nur noch durch feine Fortsätze zusammen. Schliesslich ist, schreibt Hegelmaier, „die plasmatische Substanz in zahlreiche, in eine wasserhelle und wasserreiche Grundmasse eingebettete Stücke von verschiedener Form und mannigfacher gegenseitiger Lage zerklüftet. Die genannte Grundmasse, der seitherige Vacuoleninhalt, ist weder eine Flüssigkeit, noch überhaupt als eine organisationslose Substanz zu denken, sondern muss aus von dem Plasma ausgeschiedenen organisirten Theilchen bestehen, welche die Grundlage der schleimig gequollenen Zwischenwandungen der Endospermzellen abgeben. In dieser Grundsubstanz nämlich werden schliesslich feine, polyedrische Zellen, von einander scheidende Linien oder

---

1) Zur Embryogenie und Endospermentwicklung von Lupinus in der botanischen Zeitung 1880, Nr. 5—9.

2) l. c Sp. 130.

vielmehr Flächen, zarte Grenzschichten darstellend, sichtbar." Nicht alle Partien des Endosperms erhalten stark verschleimte Wandung, die der Cavität vornehmlich angrenzenden, erhalten zarte, nicht gequollene Wandungen. In diesen Partien fehlen die Vacuolen und das Plasma ist einfach feinkörnig mit eingestreuten Kernen. Hier zertheilt sich das Plasma in zahlreiche, je einen Kern einschliessende, strahlige Körper, die von körnchenarmen, oder körnchenfreien Höfen umgeben erscheinen. „Endlich wird die Plasmasubstanz, ohne den Umweg der Vacuolenbildung, von zarten Wänden durchsetzt, die das Bild körniger Linien gewähren und sich zwischen den in gleichmässigen Distanzen vertheilten Kernen ausscheiden [1])." Hegelmaier hatte wiederholt Gelegenheit, vorbereitende Zustände der Theilung „in den bekannten Erscheinungen der Faden- und Tonnenbildung" [2]) an den noch freien Endospermkernen zu beobachten; stets dann in grossen Mengen. Einmal will er in einer geschlossenen Endospermzelle eine sich vollziehende Viertheilung des Kerns gesehen haben [3]).

Ich hatte seit der Veröffentlichung meiner diesbezüglichen Untersuchungen in der botanischen Zeitung Gelegenheit, meine Erfahrungen auf dem Gebiete der freien Zellbildung bedeutend zu vermehren, so dass ich hier weit umfangreichere Mittheilungen über dieselben machen kann. So weit es sich um Embryobildung handelt, stütze ich mich ganz vorwiegend auf Präparate, die mein Assistent Herr Soltwedel mit viel Ausdauer und Geschick ausführte.

Die Präparate wurden nach der von mir schon vielfach beschriebenen Methode aus Alkohol-Material gewonnen. Um das Schneiden der Objecte zu erleichtern, müssen dieselben schliesslich, etwa 24 Stunden lang, in einem Gemisch von Alkohol und Glycerin liegen. Der protoplasmatische Wandbeleg des Embryosacks lässt sich aus den Schnitten meist leicht herauspräpariren; er wurde dann gewöhnlich mit Carmin oder Hämatoxylin gefärbt. Als besonders günstig erwies sich hier die Borax-Carmin-Lösung wie sie von Thiersch angegeben wird: 4 Theile Borax in 56 Theilen destillirten Wassers gelöst, dieser Lösung 1 Theil Carmin zugefügt, hierauf 1 Raumtheil derselben mit 2 Raumtheilen absoluten Alkohols vermischt und filtrirt. Diese Färbung lässt die Kern-

1) l. c. Sp. 135.
2) l. c. Sp. 1
3) Auch ab

bilder meist sehr schön hervortreten und erleichtert ganz wesentlich ihr Studium. Die Präparate wurden unter Glycerin beobachtet, in Glycerin oder Glycerin-Gelatine weiter aufbewahrt.

Meine Schilderung beginne ich mit dem Beispiele, das sich in der botanischen Zeitung (l. c.) bereits besprochen findet, das ich aber seitdem noch eingehender studirte.

Myosurus minimus bleibt nämlich ein sehr günstiges Object um die Theilung des secundären Embryosackkerns zur Anschauung zu bringen. Es thut mir leid, dass es Darapsky auch hier nicht gelang, sich von dem Sachverhalt zu überzeugen. Auf dem walzenförmigen Fruchtboden dieser Pflanze reifen die Samenknospen in der Richtung von unten nach oben, so dass Längschnitte durch den Fruchtboden stets viele aufeinanderfolgende Entwicklungszustände der Samenknospen bloslegen. Mustert man solche Längschnitte durch, und schreitet dabei von einem Fruchtknoten zum nächsten fort, so hat man wohl alsbald die erwünschten Bilder gefunden.

Der in Fig. 1, Taf. I dargestellte Embryosack zeigt im vorderen Ende den aus drei Zellen bestehenden Eiapparat, im hinteren Ende die drei Gegenfüsslerinnen und zwischen diesen beiden Zellgruppen suspendirt, den, aus der Verschmelzung zweier Kerne hervorgegangenen, secundären Embryosackkern. In Fig. 2 ist dieser Zellkern bereits getheilt, die aus ihm hervorgegangenen Schwesterkerne werden noch durch die Verbindungsfäden zusammengehalten. Der Zustand ist so charakteristisch, dass er jede andere Möglichkeit der Deutung ausschliesst, daher ich ihn wieder zur Veröffentlichung wähle. Die Theilung erfolgt zu der Zeit, wo die Befruchtung bereits vollendet ist, das Ei sich aber noch nicht zu strecken begann. Es ist nun weiter leicht, Embryosäcke ausfindig zu machen, die zwei völlig getrennte, dann 4, 8, 16 u. s. w. Zellkerne zeigen. Auch gelingt es, doch freilich in entsprechend viel selteneren Fällen, die betreffenden Kerne im Theilungzustande zu sehen (Fig. 3). So wächst die Zahl der Kerne fort und fort in dem Maasse als der Embryosack selbst an Grösse zunimmt. Zunächst theilen sich die sämmtlichen Zellkerne ganz gleichzeitig, ist ihre Zahl aber bedeutend gestiegen, so kann man, von dem einen Ende des Embryosackes gegen das andere fortschreitend, die aufeinanderfolgenden Theilungsstadien treffen. Da hier die Zellkerne aber besonders klein sind, so ziehe ich es vor, die Theilungsvorgänge an andern Objecten vorzuführen. Von Anfang an vertheilen sich die Zellkerne gleichmässig in dem protoplasma-

tischen Wandbelege des Embryosackes, sie halten sich in gleichen Abständen von einander, es sei denn, dass man sie, noch paarweise genähert, gleich nach vollzogener Theilung findet. Die Figuren 4 und 5 sind aus einem etwa 0,45 Mm. hohen Embryosack entnommen. Fig. 5 zeigt die kernhaltige Protoplasmaschicht im Profil, Fig. 4 von der Fläche. Die Kerne sind hier fast kugelrund, während man sie in anderen Pflanzen meist etwas abgeflacht findet. Sie führen je ein annähernd centrales Kernkörperchen. Um einen jeden Kern ist etwas Protoplasma angesammelt und läuft, oft deutlich, in wenig zahlreiche, kurze und dicke Strahlen aus.

In circa 0,55 Mm. hohen Embryosäcken, das heisst solchen, welche ihre definitive Grösse erreicht haben, die somit zu wachsen aufhören, findet Zellbildung um die Kerne statt (Fig. 6, 7). Die Kerne erscheinen jetzt, in Flächenansicht des protoplasmatischen Wandbelegs, als die Mittelpunkte von Sonnen. Die Kernkörperchen brauchen hingegen eine centrale Lage innerhalb der Kerne nicht einzunehmen. Jeder Kern ist von etwas dichterem, körnigem Protoplasma umgeben, von diesem gehen Strahlen aus, die bis zu der körnigen, plasmatischen Umgebung der angrenzenden Kerne reichen. Die Strahlen sind zahlreich, in mittlerer Länge meist etwas dicker als an den Enden; sie beschreiben um so stärkere Bögen je mehr sie von einer mittleren Verbindungslinie zweier Kerne seitlich abliegen. Ich werde diese Fäden von nun an kurzweg als Verbindungsfäden [1]) bezeichnen (Fig. 6). Quer zu den Verbindungsfäden, in gleichem Abstand von je zwei Kernen, treten nun Trennungslinien auf. Die Bildung derselben schreitet von dem vordern gegen das hintere Ende des Embryosackes fort, so dass man sie an bestimmten Stellen der Präparate, blind zwischen den Zellkernen endigend, antreffen kann. Die Trennungslinien bestehen im ersten Augenblick aus getrennten, zu einer einfachen Reihe angeordneten Körnchen. Wo die Verbindungsfäden sehr dick sind, scheinen die Körnchen unmittelbar von diesen in ihrer Lage fixirt zu sein; wo die Verbindungsfäden weiter auseinanderstehen, werden die Körnchen von quer ausgespannten, zarten Protoplasmaplatten gestützt. Die Körnchen sind, wie anderweitige Untersuchungen zeigten, aus Stärke, oder einem andern verwandten Stoffe, gebildet. Hier sind sie zu klein, um sichere Schlüsse über etwaige

1) Ich ziehe. [illegible] von Kernfäden oder Zellfäden, [illegible] geben, vor.

Färbung bei Jodzusatz zu gestatten. Die braune Färbung des Protoplasma verdeckt die Färbung der Körnchen, so dass diese nur einen dunkleren Streifen innerhalb der Fäden zu bilden scheinen. Die von den Körnchen erzeugten Trennungsschichten habe ich als Zellplatten bezeichnet. Die Körnchen der Platte verschmelzen zu einer zusammenhängenden Cellulose-Membran (Taf. I, Fig. 6. 7). Dies erfolgt bei Myosurus so rasch nach Anlage der Zellplate, dass man die noch blind endenden Trennungslinien zum Theil schon aus continuirlicher Membran gebildet findet. Zu beiden Seiten der entstandenen Membran, schliesst sich der protoplasmatische Zellkörper durch eine zusammenhängende Plasmaschicht ab. Die Verbindungsfäden, so lange noch sichtbar, enden in derselben. Es sind ihr zahlreiche Körnchen eingelagert, die jedenfalls zur Speisung der jungen Membran dienen. Diese letztere erscheint somit beiderseits von einem feinkörnigen Saum eingefasst.

Es wird die Cellulose also nicht in die Trennungsspalte einer protoplasmatischen Hautschicht ausgeschieden, das Material zur Bildung der Cellulose-Membran vielmehr zunächst an Ort und Stelle geschafft und der protoplasmatische Körper der beiden angrenzenden Zellen durch eine continuirliche Schicht erst gegen die schon entstandene Membran abgeschlossen. Die neu angelegten Scheidewände sind stark quellbar und erscheinen in Folge dessen die jungen Zellen in den Präparaten etwas auseinandergerückt. Oefter findet man bei beginnender Scheidewandbildung zwei, selten mehr Zellkerne von gemeinsamen Scheidewänden umschlossen, man erhält somit zweikernige oder noch mehrkernigere Zellen. Doch scheinen die fehlenden Scheidewände in solchen Fällen bald nachgebildet zu werden. So lange dies nicht geschehen ist, bleiben die Verbindungsfäden zwischen den betreffenden Kernen erhalten, während sie an andern Orten schon geschwunden sind.

Alle die geschilderten Vorgänge lassen sich an Oberflächen-Ansichten der protoplasmatischen Wandbelege verfolgen (Taf. I, Fig. 6. 7). Gleichzeitige Quer- und Längschnitts-Ansichten lehren, dass der protoplasmatische Wandbeleg, zu Beginn der Zellplattenbildung, eine so geringe Mächtigkeit besitzt, dass die Zellkerne in demselben als Höcker in das Lumen des Embryosackes vorspringen (Fig. 8). Die Verbindungsfäden verlaufen nur in der, die Zellkerne in sich aufnehmenden Ebene; freie Protoplasmastrahlen, welche etwa an der Innen- und Aussenfläche des Wandbeleges blind endigen möchten, sind nicht vorhanden. Die

Zellplatten, und somit auch die aus denselben hervorgegangenen Scheidewände, durchsetzen also nur in senkrechter Richtung den Wandbeleg, in entsprechend viel polygonale Felder denselben theilend. Die Scheidewände setzen mit ihrer Aussenkante an die Wand des Embryosackes an, mit ihrer Innenkante müssen sie zunächst blind an der Innenfläche des Wandbelegs enden. Um die Zeit, wo auf Flächenansichten die Verbindungsfäden geschwunden sind, die Zellkerne auf nur wenigen dicken Strängen suspendirt erscheinen, zeigen Quer- und Längschnitte, dass die jungen Zellen bedeutend an Tiefe zugenommen haben, dass mit Zellsaft erfüllte Vacuolen in denselben aufgetreten sind, dass der Zellkern der protoplasmatischen Innenwand der Zelle anliegt und dass an dieser sich zahlreiche Körnchen eingefunden haben (Taf. I, Fig. 9). Diese Körnchen dürften das Material zur Bildung einer Cellulose-Membran an dieser Fläche liefern. Diese Membran wird übrigens erst nach einiger Zeit nachweisbar.

Mit Chlorzinkjod, oder mit Jod und Schwefelsäure, gelang es mir weder hier noch an anderen Orten, eben angelegte, noch unverdickte Scheidewände zu färben.

Entsprechend der einfachen Lage von Zellkernen an der Wandung des Embryosackes von Myosurus, wird auch eine nur einfache Lage von Zellen an derselben gebildet. An einer Stelle übrigens können die Zellen auch in doppelter Lage auftreten und hier findet man dementsprechend zuvor schon zwei Lagen von Zellkernen. Es findet das in der Umgebung des Eies statt, wo sich das Protoplasma des Embryosackes besonders anhäuft.

Die Gegenfüsslerinnen von Myosurus werden von der sich bildenden Endospermschicht eingeschlossen und bleiben innerhalb derselben auch auf späteren Zuständen noch sichtbar.

Die entstandenen Endospermzellen nehmen aber an Grösse weiter zu und beginnen alsbald, sich durch Zweitheilung zu vermehren.

Ausser bei Myosurus sah ich den secundären Embryosackkern in Theilung bei Lysimachia Ephemerum und Lilium Martagon. Die Präparate hatte Herr Soltwedel dargestellt. Bei Ehrharta panicea fand auch A. Fischer[1]) die ersten beiden Endospermkerne in einer solchen Lage, dass sie nur durch Theilung aus dem secundären Embryosackkerne hervorgegangen

---

1) Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaften. Bd. XIV, 1880, p. 105. Fig. 28 auf Taf. III.

sein konnten. Dass auch in allen andern Fällen der secundäre Embryosackkern nicht aufgelöst wird, sondern direct in Theilung eingeht, ist schlechterdings kaum zu bezweifeln. Die späteren Entwicklungszustände fand ich bei einer grossen Zahl, aus den verschiedensten Familien stammender, bis jetzt untersuchter Pflanzen übereinstimmend und schliesse ich somit auch auf die Uebereinstimmung des ersten Stadiums. Auf welche Weise aber Darapsky zu dem Bilde Fig. 13, Taf. VII, (l. c.) das für Hyacinthus ciliatus gleichzeitig den secundären Embryosackkern und zwei frei entstandene Endospermkerne zeigen soll, gekommen ist, muss dahingestellt bleiben. Soltwedel, der auch diese Pflanze untersuchte, fand, dass die Verschmelzung der beiden Kerne, die den secundären Embryosackkern bilden, bei derselben in der That erst spät, nämlich zu der Zeit beginnender Befruchtung, ähnlich wie ich dies für Allium fistulosum schon feststellte [1]), erfolgt. Weiter legte mir Soltwedel auch ein Präparat vor, das den secundären Embryosackkern in Vorbereitung zur Theilung zeigte und auch einen Embryosack mit zwei, an den Seitenwänden des Embryosackes einander gegenüberliegenden Endospermkernen.

Ich wähle, zur weiteren Schilderung der freien Endospermbildung bei Angiospermen, Beispiele, an denen sich das Verhalten der Kerne bei der Theilung besonders schön, ja so übersichtlich wie vielleicht an keiner andern Stelle im organischen Reiche studiren lässt. Ist die Zahl der freien Kerne im Wandbeleg bedeutend gestiegen, so pflegt nämlich deren Theilung nicht mehr völlig gleichzeitig zu erfolgen, wohl aber finden sich dann, in einer bestimmten Richtung fortschreitend, alle Entwicklungszustände neben einander. Da nun die Kerne hier in einer nur ganz flachen Protoplasmalage eingebettet sind, diese aber im erhärteten Zustande sich leicht freilegen und ausbreiten lässt, so begünstigt Alles die Beobachtung und man erhält oft geradezu Musterkarten von Kerntheilungen, wie man sich dieselben nicht schöner wünschen kann. Solche Präparate entsprechend gefärbt, wirken in geradezu überraschender Weise. Dabei fanden sich hier bei den verschiedenen Pflanzen fast alle sonst mir bekannten und manche neuen Modificationen der Kerndifferenzirung vor, so dass das Studium der freien Endospermbildung ganz besonders instructiv für mich wurde.

---

1) Angiospermen und Gymnospermen p. 21, 1879.

Bei *Agrimonia Eupatoria* habe ich sehr schön an Soltwedel'schen Präparaten die ersten Veränderungen bei Beginn der Kerntheilung fixirt gefunden. Fig. 10, Taf. I zeigt in dem mit Alkohol fixirten, freigelegten und flach ausgebreiteten Wandbeleg, zu oberst zwei noch ruhende Zellkerne. Diese besitzen, eine scharf contourirte Wandung, spärliche Körner, die sich vornehmlich an der Wandung halten und ein, viel seltener zwei Kernkörperchen. Die Körner verschmelzen zunächst mehr oder weniger mit einander. Alsbald wird die Kernwandung in die Körner eingezogen und zerfällt auch das Kernkörperchen in kleinere Stücke, die bald unkenntlich werden. Die ganze Kernfigur erfährt hierbei eine bedeutende Reduction. Hierauf beginnt sich die Kernsubstanz nach der Aequatorialebene der Figur zu ziehen, beiderseits von dieser Aequatorialebene werden aber Fasern sichtbar, welche nach den Polen der Figur convergiren. Die äquatorialen Elemente vertheilen sich bald gleichmässiger und wir haben die für die meisten Pflanzen charakteristische Theilungsfigur vor uns: die Kernspindel (Fig. 10). Wir unterscheiden an ihr die Fäden, die nach den Polen convergiren und die wir weiterhin als *Spindelfasern* bezeichnen wollen, und die äquatoriale Ansammlung: die *Kernplatte*. Die ganze Kernspindel (in der Figur rechts und links unten) zeigt eine bedeutende Volumen-Reduction dem ruhenden Zellkerne gegenüber.

Hierauf folgt eine Spaltung der Kernplatte in zwei Schwesterplatten, welche, wie auf verschiedenen Bildern anzunehmen ist, rasch auseinanderweichen (Taf. I, Fig. 11), einige feine Fäden zwischen sich zurücklassend. Aus jeder Hälfte der Kernplatte geht ein neuer Kern hervor. Die Elemente der letzteren strecken sich zu Stäbchen, welche an den Polenden mit einander zu verschmelzen beginnen (Fig. 12). Auf dem nächsten Stadium ist diese Verschmelzung noch weiter gediehen, die jungen Kerne haben annähernd die Gestalt von Mondsicheln (Fig. 13). Die beiden Mondsicheln kehren sich die concaven, uneben begrenzten Seiten zu. Die Verbindungsfäden zwischen den Schwesterkernen sind auf eine geringe Zahl beschränkt geblieben und oft nur noch schwer zu sehen, sie schwinden bald. Von jedem der beiden Schwesterkerne beginnt sich aber eine Wandung abzuheben, der Inhalt innerhalb derselben in einzelne Körner sich zu sondern (Fig. 14). [illegible] ten Entwicklungsstadium findet man die jun[illegible] et.

Das sind die Hauptmomente des Vorgangs, für das Studium weiterer Einzelheiten sind diese Kerne zu klein.

Ist aber die definitive Anzahl von Zellkernen gebildet worden, so zerfällt der Wandbeleg aus Protoplasma in entsprechend viele Zellen. Der Vorgang ist bei Agrimonia besonders schön zu verfolgen. Das Protoplasma zwischen den Zellkernen differenzirt sich zunächst in feine Fäden, welche, in der schon beschriebenen Weise, die Ansammlungen körnigen Plasmas, die jeden Kern umgeben, gegenseitig verbinden (Taf. I, Fig. 15). Die grössere Dicke der Fäden in ihren mittleren Theilen fällt hier auf. Die Körnchen, welche die Zellplatten bilden, sind relativ gross und zahlreich, so dass ihre Blaufärbung mit Jod relativ sicher zu constatiren ist. Die Körnchen werden hierauf in Zellhautstoff übergeführt und verschmelzen so zu den Cellulose-Wänden (Fig. 15). Ich brauche kaum zu wiederholen, dass diese Vorgänge sich wie bei Myosurus nur in einer die Zellkerne in sich aufnehmenden Ebene abspielen. Die zwischen den Zellkernen gebildeten Scheidewände durchsetzen somit nur in senkrecht gegen den Embryosack verlaufenden Richtungen den Wandbeleg. Die Verbindungsfäden bleiben bei Agrimonia relativ lange nach Anlage der Zellplatten erhalten, was mit der verhältnissmässig spät erfolgenden Bildung der Scheidewände aus den Elementen der Zellplatten und mit der dementsprechend auch späten Abgrenzung der Plasmakörper der Zellen gegen diese Scheidewände zusammenhängt. Die Bildung der Scheidewände in dem einen Ende des Embryosacks kann bereits begonnen haben, während die freie Kernbildung in dem andern noch fortdauert.

Die Bildung der Kernspindel bei Reseda odorata erfolgt wie bei Agrimonia. Die Kernspindel ist aber stärker zugespitzt, und die Pole oft durch besondere starke Lichtbrechung markirt (Taf. I, Fig. 16). Man bemerkt deutlich eine Ansammlung von Protoplasma an den Spindelpolen. Andere Präparate zeigen oft gleichzeitig alle Zustände der Spaltung der Kernplatte (Fig. 17. 18. 19. 20 u. 21). Die Platte verdoppelt sich durch Einschnürung der sie bildenden Elemente, ihre beiden Hälften weichen auseinander, Verbindungsfäden zwischen sich zurücklassend. Die Zahl der Verbindungsfäden zunächst gering, nimmt später bedeutend zu (Fig. 22—25).

Man sieht, dass die beiden Kernplattenhälften sich beim Auseinanderweichen den Spindelpolen nähern (Fig. 17—21). Ihre Elemente treten in seitliche Berührung, dann

Kernwandung von ihnen ab (Fig. 22 u. 23, Taf. I). In Fig. 24 sind die Kerne schon bedeutend gewachsen, je ein Kernkörperchen bildet sich in ihrem Innern aus. Die Fig. 25 zeigt noch ältere Zellkerne. Die Verbindungsfäden sind viel zahlreicher geworden und divergiren seitlich immer stärker; dabei erscheinen bereits ihre Ansatzstellen durch körniges Plasma von den Schwesterkernen getrennt. Die Fäden nehmen nach der Mitte etwas an Dicke zu. Weiterhin bildet sich die Zellplatte in den Verbindungsfäden aus (Fig. 26). Sie ist aber nicht bestimmt eine definitive Scheidewand zu erzeugen, sie wird vielmehr alsbald wieder zurückgebildet. Wir haben es hier also mit transitorischer Zellplattenbildung bei jedem Theilungsschritt zu thun. Bei Rückbildung der Zellplatte können die Verbindungsfäden, die bereits durch körniges Plasma von den Zellkernen getrennt sind, in diese nicht eingezogen werden, schwinden vielmehr in dem umgebenden Plasma.

Nach dem letzten Theilungsschritte, der auch hier mit dem Augenblick zusammenfällt, wo der Embryosack sein Wachsthum einstellt, umgeben sich die Zellkerne mit Strahlen (Taf. I, Fig. 27). Das Plasma erscheint besonders in den Verbindungslinien der Zellkerne angesammelt und hier streifig differenzirt. Hiernach spielt sich der Vorgang der Zellbildung ab, der durch die Figur 30, Taf. II bei 230facher Vergrösserung, vorgeführt wird. Da die Verbindungsfäden hier relativ wenig zahlreich sind und deren seitliche Abstände somit bedeutend, so können die Körnchen der Zellplatten nur durch quer ausgespannte Plasmabrücken in ihrer Lage gehalten werden. Die Bildung der Cellulosewand aus den Elementen der Zellplatte geht hier ebenso rasch wie bei Myosurus vor sich, so dass man selbst die noch blind endenden Trennungslinien schon zum Theil aus quellbarer Cellulose bestehend findet. Wie aus Figur 30, Taf. II zu ersehen, kommt es hier häufig vor, dass zunächst zwei Zellkerne in einem gemeinsamen Raume eingeschlossen werden. Ich habe sogar einen Fall beobachtet in welchem, bei weiterhin eintretender Vermehrung des Endosperms durch Zelltheilung, zwei solche, innerhalb einer Zelle eingeschlossene Zellkerne sich im Theilungsstadium befanden. Gewöhnlich werden aber die fehlenden Scheidewände zwischen den Zellkernen hier rasch ergänzt.

Die Scheidewandbildung schreitet auch bei Reseda von dem vordern Ende des Embryosackes gegen das hintere fort. In einem Präparat von Soltwedel waren aber im Mikropyl-Ende des Embryosackes bereits die Scheidewände angelegt, während weiter-

hin noch Kerntheilungen erfolgten. Die sich theilenden Kerne lagen im Centrum ebensolcher Radiensysteme wie diejenigen Kerne, um welche die Scheidewandbildung eben stattfand (Fig. 28 Taf. II). Es war hier jedenfalls ein erneuertes Wachsthum des Embryosacks plötzlich eingetreten und hatte eine weitere Kernvermehrung veranlasst. Die Kerntheilungen waren fortschreitend von dem hinteren Ende des Embryosacks gegen das vordere zu verfolgen, so zwar, dass man im hinteren Embryosackende die am weitesten vorgerückten Theilungsbilder sah. Die zwischen den benachbarten Zellkernen ausgespannten Verbindungsfäden hatten aber zum Theil die Ausbildung der Kernspindeln beeinflusst. Einige dieser Spindeln zeigten drei Spitzen (Taf. II, Fig. 28 Mitte und links oben). Es war das überhaupt das erste Mal, dass mir derartige Bildungen begegneten, ich hätte deren Existenz kaum für möglich gehalten. Der gewöhnlichen, doch mehr oder weniger im Aequator gebrochenen Kernspindel war in mittlerer Länge eine dritte Spindelhälfte angesetzt und die drei Spitzen nun so gerichtet, dass sie mit drei Strahlen des umgebenden Plasma zusammenfielen, somit gegen drei benachbarte Zellkerne gerichtet waren. Die Kernplattenelemente erschienen in der Mitte solcher Figuren angesammelt, doch meist ohne bestimmte Ordnung. Es schien hier somit die Möglichkeit einer gleichzeitigen Dreitheilung des Zellkernes gegeben. Solche Kernspindeln sind mir auch noch im Embryosack von Ornithogalum und Leucoium, und zwar in sehr regelmässiger Ausbildung, begegnet. Interessant ist es, dass fast gleichzeitig Julius Arnold den hier beschriebenen ähnliche Figuren in den sich rasch vermehrenden Zellen von Geschwülsten beobachtet hat [1]). Hiergegen glaube ich nicht, dass in dem, in der Literaturübersicht schon berührten, von Hegelmaier beschriebenen Falle [2]), in dem Embryosacke von Lupinus polyphyllus wirklich die Viertheilung eines Zellkerns vorgelegen habe. Die Figurenerklärung lautet: „Endospermzelle in Viertheilung des Kerns begriffen". In der Abbildung (l. c. Taf. II, Fig. 40) sieht man aber einen mittleren Zellkern, der mit drei anderen, in einer Ebene mit ihm gelegenen und gleichmässig um ihn vertheilten Zellkernen durch Verbindungsfäden zusammenhängt. Hätte sich hier ein Kern gleichzeitig in vier Tochterkerne getheilt so dürfte keiner dieser Tochterkerne in der Mitte liegen. Es ist hier viel-

1) Vergl. Virchow's Archiv, Bd. LXXVIII. 1879. Taf. VI.
2) Bot. Zeitung 1880, Sp. 148.

mehr die nachträgliche Ausbildung von Verbindungsfäden zwischen vier getrennten Kernen wahrscheinlicher, wenn nicht gar, was ich auch für möglich halte, die Verschmelzung drei aufeinandergestossener, junger Tochterkerne, zu dem einen in der Mitte der Zelle gelegenen.

In meiner Fig. 29, Taf. II habe ich ein, dem Wandbelege des Embryosacks von Reseda odorata entnommenes Bild entworfen, welches drei Zellkerne in gegenseitiger Verbindung zeigt. Diese Gruppe hing mit keiner der benachbarten zusammen und schien es somit unwahrscheinlich, dass einer der drei Zellkerne aus der Nachbarschaft stamme. Vielleicht lagen in diesen Kernen wirklich die unmittelbaren Nachkommen eines einzigen vor, wobei aber die Fäden, die auch die von einander entfernteren beiden Kerne verbinden müssten, nicht zur Ausbildung kamen oder bald verschwanden; oder gehörte der eine Kern doch einem andern Paare an und wurde er nachträglich erst mit diesem durch frei entstandene Fäden verbunden.

Viola palustris zeigt relativ kleine Zellkerne mit scharf gezeichneter Wandung und fast ausschliesslich nur einem, im Verhältniss zum Zellkern grossen, meist centralen und stark lichtbrechenden Kernkörperchen im Innern. Nur wenige kleine Körner sind ausserdem noch vorhanden und halten sich vorwiegend in der Nähe der Wandung (Taf. II, Fig. 32). Die Kernspindeln sind, wenn auch klein, doch ungewöhnlich schön ausgebildet (Fig. 33). Die Kernplatte tritt bei der Färbung dunkel hervor, sie wird von relativ grossen Körnern in nur einer Schicht gebildet. Die Spindelfasern treffen scharf an den Polen zusammen, sie färben sich nur schwach. Die Pole der Spindel sind durch stärkere Lichtbrechung ausgezeichnet. Das umgebende Protoplasma ist deutlich angesammelt um diese Pole und verräth oft eine radiale Anordnung um dieselben. Alle Stadien der Spaltung und des Auseinanderweichens der Kernplattenhälften sind hier neben einander zu finden (Fig. 34—36). Dabei kann man sich, entgegen meinen früheren Angaben, überzeugen, dass nicht die ganzen Spindelhälften von einander weichen, vielmehr nur die Kernplattenhälften innerhalb der Spindelfasern aus einander rücken (Fig. 34. 35). In dem Maasse als die Elemente der Kernplatten den Polen der Spindel sich nähern nimmt die Länge der Spindelfasern von dieser Seite ab. Ich glaubte früher, ... fasern auf die Kernplattenhälften eingezogen we... aber seitdem, dass dies nicht der Fall ... n den Kernplattenhälften

zurückbleibenden Verbindungsfäden die Spindelfasern sind. Zwar werden thatsächlich auch zwischen den Elementen der Kernplatte einzelne Fäden angesponnen, welche die nämliche Färbung wie diese zeigen und augenscheinlich einem fadenförmig gestreckten Mitteltheile derselben ihre Entstehung verdanken; doch werden solche Fäden alsbald durchrissen und in die Kernplattenhälften eingezogen, während die zurückbleibenden Verbindungsfäden die Spindelfasern sind. Diese Verbindungsfäden zeigen nicht nur dieselbe Färbung wie die Spindelfasern der noch ungetheilten Kernspindel, sondern man kann sie, auf wenig vorgeschrittenen Stadien der Theilung, noch mit einiger Sicherheit zwischen den Elementen der Kernplatte von einem Pol zum andern verfolgen. Hierzu sind freilich entsprechend starke Vergrösserungen nöthig.

Zu der hier dargelegten Auffassung konnte ich erst bei eingehenderem Studium gefärbter Präparate kommen, vornehmlich aber erst bei Untersuchung der Endospermanlage, wo mir oft gleichzeitig die sonst schwer anzutreffenden Stadien beginnenden Auseinanderweichens der Kernplattenhälften in grossen Mengen vorlagen.

Diese meine jetzige Auffassung der Verbindungsfäden befindet sich aber in Uebereinstimmung mit einer kürzlich von Flemming[1]) vertretenen Ansicht, auf welche im allgemeinen Theile zurückzukommen sein wird. Den Ursprung der Spindelfasern fasse ich aber anders als Flemming auf, wie auch noch weiter entwickelt werden soll.

Die Zahl der Verbindungsfäden, die somit zunächst der Zahl der Spindelfasern entspricht, nimmt weiterhin, wie an den andern Objecten schon erörtert wurde, bedeutend zu. Die Massenzunahme kann nur auf Kosten des umgebenden Zellplasma erfolgen, welches zwischen die Verbindungsfäden eindringt, um deren Zahl zu vergrössern. Eine Vermehrung der Fäden etwa durch Spaltung der vorhandenen, findet, so weit ich feststellen konnte, nicht statt.

Die aus den Kernplattenhälften hervorgehenden Tochterkerne zeigen sich alsbald von solider Substanz gebildet, in der die Zusammensetzung aus distincten Elementen noch erkennbar ist, (Fig. 36). Die Scheidewandbildung tritt auch hier erst ein, wenn der Embryosack seine rapide Grössenzunahme einstellt. Die reifen Samen sind durchschnittlich nicht viel grösser als solche,

---

1) Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. XVIII. p. 220. 1880.

in welchen der erwähnte Vorgang beginnt. Die radiale Anordnung der Fäden um die Kerne ist deutlich zu erkennen, wenn sie auch nicht sehr scharf ausgeprägt ist. Die Zellplatten werden in gewohnter Weise gebildet.

Bei Staphylea pinnata war in einem Präparat die Bildung der Kernspindeln sehr schön zu verfolgen. In Figur 37, Taf. II ist der obere Kern noch im Ruhezustande, der nächst untere zeigt bereits beginnende Fadenbildung im Innern. Dem dritten fehlt bereits die Wandung. Die Kernsubstanz sammelt sich im Aequator zur Bildung der Kernplatte. Unten in der Figur ist die fertige Kernspindel zu sehen. Ein anderes Exemplar derselben wird uns durch Fig. 38 vorgeführt, und an diese schliessen sich die folgenden Figuren 39. 40. 41 u. 42 an, welche uns alle Stadien des Auseinanderweichens der Kernplattenhälften und die Anlage der Tochterkerne zeigen. Dann beginnt das Abheben der Kernwandung und im Innern die Differenzirung des körnigen Inhalts (Fig. 43—45). Die Verbindungsfäden zwischen den Schwesterkernen schwinden, ohne dass eine transitorische Zellplatte gebildet wird (Fig. 43—45).

Ich untersuchte von Dikotyledonen, nach Soltwedel'schen Präparaten, noch: Armeria vulgaris, Oxalis stricta, Chelidonium majus, Caltha palustris, Corydalis lutea und cava.

Diese Untersuchungen gaben, wenn ich Caltha palustris und Corydalis cava zunächst ausnehme, nicht wesentlich mehr neue Resultate, so dass ich deren eingehende Beschreibung unterlassen kann. Bei Armeria fiel mir nur besonders auf, die Abnahme der Grösse der Kerne nach den Enden des Embryosackes zu. Auch war dort besonders leicht das Verschmelzen der Elemente jeder Kernplattenhälfte bei Anlage der Tochterkerne, und die Differenzirung der letzteren in Wand und körnigen Inhalt zu verfolgen. — Bei Oxalis fand ich die Spindeln fast eben so scharf und typisch wie bei Viola entwickelt, ihre Pole oft durch stark lichtbrechende Punkte bezeichnet; die ruhenden Kerne mit grossen Kernkörperchen und sonst spärlichem Inhalt. In den Verbindungsfäden fiel die Dickenzunahme nach der Mitte besonders auf. — Bei Chelidonium sind die Kernspindeln besonders schlank. Die radiale Anordnung des Protoplasma um die Zellkerne bei beginnender Scheidewandbildung ist sehr schwach ausgeprägt und nur schwer zu sehen. Die Fäden sind nämlich ausserordentlich zart und netzförmig unter einander verbunden. Sehr zahlreiche feine Körnchen verdecken auch die Structur-

verhältnisse, doch ist in vielen Fällen sicher der vorwiegend radiale Verlauf der feinen Fäden zu constatiren. Die eben angelegten Scheidewände quellen sehr stark, wodurch die jungen Zellen völlig von einander getrennt erscheinen.

Bei Caltha palustris sind die Spindeln relativ gross, das Auseinanderweichen der Kernplattenhälften leicht zu verfolgen. In den Anlagen der Schwesterkerne bleiben die sie zusammensetzenden Elemente bis zuletzt unterscheidbar. Die transitorischen Verbindungsfäden und Zellplatten werden stark ausgebildet. Die Fäden weichen seitlich sehr weit auseinander, die jungen Schwesterkerne sieht man sich gleichzeitig einander etwas nähern. Es kommt sogar hier und dort bis zur Bildung einer quellbaren Scheidewand aus Cellulose, die später wieder resorbirt wird. Sehr instructiv fand ich hier, an einem von Soltwedel dargestellten Präparate, die Bildung der Scheidewände (Taf. II, Fig. 31). Als solche kamen hier nämlich zur Verwendung auch die, beim letzten Theilungsschritt, zwischen den Schwesterkernen gebildeten Zellplatten. Fig. 31 zeigt dies in der übersichtlichsten Weise. Die genannten Zellplatten sind leicht kenntlich, weil sie innerhalb der, sich besonders markirenden Verbindungsfäden der Schwesterkerne liegen. Auch erscheinen diese Zellplatten selbst besonders dick, doch nur in Folge einer optischen Täuschung, die durch die Krümmung hervorgerufen wird, welche die Zellplatte im Innern des stark linsenförmig abgeflachten Fadencomplexes erfährt. Die in der beschriebenen Weise zusammenhängenden Schwesterkerne sind einander mehr denn anderen Kernen genähert, so dass sich die Kernpaare auch hierdurch deutlich machen. Die Kerne sind elliptisch und kehren in jedem Paare einander die flachen Seiten zu. — Die ausserhalb der Verbindungsfäden der Schwesterkerne auftretenden Zellplatten werden in gewohnter Weise angelegt. Nur fällt es auf, dass in diesem Falle die frei sich bildenden Verbindungsfäden nur sehr kurz sind und durchaus nicht von dem einen Zellkern bis zu dem andern zu verfolgen. Ja, man sieht sie nicht einmal sich bis in die Nähe der Zellkerne fortsetzen, sie bleiben vielmehr als kurze, zu einander parallele Streifen auf die Region beschränkt, in der die Zellplatten gebildet werden sollen. Letztere treten mit gewohntem feinkörnigem Bau in halber Länge der Fäden, an denen die einzelnen Körnchen mittlere Anschwellungen zu bilden scheinen, auf. Diese Zellplatten halten sich, wie auch sonst, in annähernd gleichem Abstand von den Kernen, sind aber

weiter von denselben entfernt, als die in den Verbindungsfäden des letzten Theilungsschrittes erzeugten. Ich sah hier im Allgemeinen je zwei frei gebildete Zellplatten, unter mehr oder weniger stumpfen Winkeln, auf die zwischen den Kernpaaren gebildeten treffen, so wie es unsere Figur 31, Taf. II zeigt. — Die Verschmelzung der, die Zellplatten bildenden Elemente, zu den hier nur wenig quellenden Cellulose-Wänden, erfolgt, wie anderwärts geschildert wurde.

Ich habe Grund, anzunehmen, dass auch in Fällen, wo gewohnter Weise alle Verbindungsfäden frei um die Zellkerne sich bilden, gelegentlich die Zellplatten des letzten Theilungsschrittes mit zur Verwendung kommen können. Ich beobachtete solches bei Reseda und Oxalis.

Bei Corydalis lutea weichen die Vorgänge nicht von den sonst verbreiteten ab. Die radiale Anordnung der Plasmatheile um die Zellkerne bei eintretender Zellbildung ist wenig ausgeprägt, was auch hier mit der Zartheit der Fäden und der Kleinheit der Körner zusammenhängt. Die transitorische Zellplattenbildung ist bei Corydalis sehr schön zu sehen.

In mancher Beziehung abweichend verhält sich aber Corydalis cava, und diese Pflanze, welche auch Hegelmaier beobachtet hat, mag ihn zu dem Ausspruch veranlasst haben, dass Corydalis andere Erscheinungen bei der Endospermbildung als die sonst von ihm untersuchten Pflanzen zeige[1]), dass somit die dort gewonnenen Resultate einer Verallgemeinerung nicht fähig seien. Corydalis cava vermehrt die Zellkerne im protoplasmatischen Wandbeleg zunächst ganz in derselben Weise wie Corydalis lutea. Die ruhenden Zellkerne haben eine scharf gezeichnete Wandung, sehr wenig feinkörnigen, in der Nähe dieser Wandung gelegenen Inhalts und fast immer nur ein grosses, stark lichtbrechendes Kernkörperchen (Taf. II, Fig. 46). Die aus dem Zellkerne hervorgehende Spindel ist ausgezeichnet durch die Stärke ihrer Kernplatte, durch die Schwäche ihrer Fasern (Fig. 47). Die Spindelfasern sind in dem umgebenden Protoplasma meist kaum zu verfolgen, jedenfalls nicht bis zu deren Vereinigung an den Polen (Fig. 47). Die Spaltung der Kernplatte ist ihrer Dicke wegen sehr schön zu beobachten (Fig. 48, 49), und da auch hier die Vorgänge in einer bestimmten Richtung fortschreiten, so zeigt ein freigelegter, ausgebreiteter und tingirter Wandbeleg, alle Thei-

1) Vgl. Unters. p. 89.

lungszustände an einander gereiht, eine wahre Musterkarte von Kerntheilungen darstellend. Die auseinander gerückten Plattenhälften erscheinen von grobkörnigem Bau (Taf. II, Fig. 51). Weiter hebt sich die Kernwandung ab, der Inhalt sondert sich in Körner (Fig. 52), deren Zahl bei fortgesetztem Wachsthum des, sich auf Kosten des umgebenden Protoplasma ernährenden Kerns, bedeutend wächst (Fig. 53). Die zahlreichen Körner verschmelzen später zu dem einen, centralen Kernkörperchen. Transitorische Zellplatten werden, abweichend von Corydalis lutea, hier nicht gebildet; die Verbindungsfäden schwinden alsbald (Fig. 53).

Die Scheidewandbildung beginnt, wenn der Embryosack seine definitive Grösse erreicht hat, somit zu wachsen aufhört. Aeusserlich sind solche Samen an der beginnenden Bräunung zu erkennen. Messungen ergeben, dass solche Samen nicht erheblich mehr an Grösse zunehmen.

Erst mit Beginn der Scheidewandbildung zeigt sich bei Corydalis cava die Abweichung von den andern, bisher beschriebenen Fällen. Der Wandbeleg ist um diese Zeit relativ dünn und zart, so dass er in den, mit absolutem Alkohol erhärteten Präparaten, gegen sonstige Erfahrung, selbst in kleineren Stücken, sich kaum unversehrt vor der Embryosackwandung befreien lässt. Bei Flächenansicht erscheint er als ein feines Netz, das hier und dort weite Lücken lässt und durch eine auffallende Armuth an Körnchen charakterisirt ist. Querschnitt-Ansichten des Wandbelegs zeigen denselben zwar nach innen und aussen continuirlich abgegrenzt, doch nur von sehr geringer Dicke, so dass die Zellkerne scharf nach dem Lumen des Embryosackes vorspringen. Was zwischen der äusseren und der inneren Abgrenzung des Wandbelegs an Inhalt vorhanden ist, erscheint bei Flächenansichten zu den schon erwähnten Netzen angeordnet. Die Verbindungsfäden, die hierauf angelegt werden, treten nicht zwischen allen, vielmehr nur zwischen gewissen Kernen, wie es eben die Vertheilung des Protoplasma im Wandbeleg mit sich bringt, auf. Nur innerhalb der Verbindungsfäden entstehen aber auch hier die Zellplatten (Taf. II, Fig. 54). Zur Bildung von Verbindungsfäden und von Zellplatten zwischen s ä m m t l i c h e n Zellkernen würde die vorhandene Substanz hier auch kaum ausgereicht haben. Wo die Bildung der Verbindungsfäden unterblieb, erscheinen die Kerne nur durch ein lockeres Plasmanetz verbunden. Die angelegten Zellplatten stossen, so wie es eben der Zufall fügt, seitlich auf einander (Fig. 54), und umgrenzen schliesslich grössere und klei-

nere Räume, deren jeder eine grössere oder geringere Anzahl von Zellkernen, manchmal auch nur einen einzigen Zellkern führt. Sind aus den Zellplatten die Scheidewände entstanden, so trennen dieselben eine unbestimmte Zahl vielkerniger Zellen gegen einander ab (Taf. II, Fig. 55). Die Zellkerne pflegen sich hierauf mehr gegen die Mitte der Zellen zu ziehen. Sie werden durch netzförmig angeordnetes Plasma unter einander verbunden (Fig. 55); nach den Wänden der Zellen hin werden diese Plasmanetze immer lockerer. Hierauf treten die Kerne wieder in Theilung ein. Aehnlich wie die Differenzirung der Scheidewände von dem vorderen gegen das hintere Ende des Embryosackes fortgeschritten ist, sehen wir auch die nun beginnende Theilung fortrücken, so dass man die aufeinanderfolgenden Zustände in demselben Embryosack beisammen hat. So zeigt uns Fig. 56, Taf. II, eine Zelle mit vier Kernspindeln; in Fig. 57, Taf. III, ist eine Spaltung der Kernplatten an den zwei Zellkernen der dargestellten Zelle zu sehen; in Fig. 58, Taf. III die ebenfalls zwei Zellkerne führte, ist die Theilung derselben soweit fortgeschritten, dass die entstandenen Schwesterkerne bereits in das homogene Stadium getreten sind. In den Theilungsfiguren der Zellen, in Fig. 59, Taf. III, sehen wir auch schon die Zellplatten gebildet. Durch weiteres Ausbreiten der Verbindungsfäden hat auch die Ausdehnung der Zellplatten in Fig. 60 zugenommen; zwei Zellplatten treffen hier aufeinander und hätten wohl zur Bildung einer die ganze Zelle durchsetzenden Scheidewand geführt, während es fraglich erscheinen muss, ob die Zellplatte der unteren Schwesterkerne eine wirkliche Zelltheilung würde veranlasst haben. Wie dem auch sei, so werden doch die hier geschilderten Kerntheilungen von zahlreichen Zelltheilungen gefolgt und da nicht alle diese Theilungen in einer Ebene stattfinden, so sehen wir auf den nächsten Zuständen die Endospermschicht aus zwei, mehr oder weniger vollständigen Zelllagen gebildet. Fast jede der Zellen, soweit sie nicht etwa gleich bei ihrer Anlage einkernig waren, ist auch jetzt noch mehrkernig und zwar im einfachsten Falle zweikernig, meist aber mehr als zweikernig. Es scheint hiernach ein weiterer Theilungsschritt der Kerne zu folgen, der die sonstigen Verhältnisse wenig ändert, die Endospermschicht aber durchgehend zweischichtig macht.

Schon auf dem Zustande, wo die Bildung der ersten Zellplatten beginnt, kommt es wohl auch vor, dass diejenigen Kerne, zwischen welchen Verbindungsfäden nicht ausgebildet worde

sich einander, zum Theil bis zur Berührung, nähern, und mit einander verschmelzen. Dieses scheint übrigens auf so frühem Stadium nur selten einzutreten. Auch auf dem nächsten Zustande, wo die Zellkerne in wechselnder Anzahl von gemeinsamen Scheidewänden umgeben erscheinen, verbinden sich nur hier und da einzelne mit einander. Ist aber die mehr oder weniger vollkommen doppelte Lage von Zellen durch den folgenden, oder einen noch späteren Theilungsschritt erzeugt, so gehen die Kerne in jeder Zelle nun auf einander zu, um alsbald vollständig zu verschmelzen. Auf diese Weise sah ich zwei, drei, ja selbst vier, in manchen Fällen vielleicht noch mehr Kerne, zu je einem einzigen werden. Die Figuren 61, 62 und 63 illustriren die verschiedenen Möglichkeiten dieses Vorgangs. Fig. 64 führt uns endlich einen Zellkern vor, der aus der vollendeten Verschmelzung mehrerer hervorgegangen ist, an dem aber nichts mehr als die Grösse und die Vielzahl der Kernkörperchen solchen Ursprung verräth. Da nun aber manche Zellen nur einen, andere zwei, andere noch mehr Zellkerne führten, so ist, wenn die Verschmelzung der Kerne vollendet, deren Grösse in den benachbarten Zellen sehr verschieden. Dies folgt ohne weiteres schon aus dem Vergleiche der Figuren 61 und 63.

Der Beobachter, dem ganz unvermittelt die Fig. 55, Taf. II der Corydalis cava zu Gesicht gekommen wäre, müsste in der That glauben, dass hier ganz andere Vorgänge der Zellbildung als in anderen Embryosäcken sich abspielen. Die Klarlegung des ganzen Entwickelungsganges lehrte mich hingegen, dass der hier vorliegende Fall nur eine interessante Modification des gewöhnlich beobachteten ist. In der That vermehren sich die Zellkerne in gewohnter Weise frei im Wandbeleg und macht sich hierauf erst eine Abweichung von sonst beobachteten Vorgängen geltend, die übrigens ja auch nur darin besteht, dass nicht zwischen allen Zellkernen Verbindungsfäden und Zellplatten gebildet werden. Die Anlage der Verbindungsfäden und Zellplatten bietet, hiervon abgesehen, nichts Abweichendes dar. Die Aufnahme mehrerer Zellkerne in je eine Zelle macht dann aber weitere Vorgänge nothwendig, welche dahin führen, die Zahl dieser Kerne auf je einen zu reduciren. Dies wird schliesslich durch Verschmelzung der Kerne erreicht, durch einen Vorgang, dem wir noch an anderen Orten begegnen werden und der sich sonst auch in typisch einkernigen Zellen abspielen mag, wenn durch Umstände veranlasst, dieselben mehrere Zellkerne erhalten. Ich er-

wähnte schon vorhin, dass ich auch bei Reseda in einer Endospermzelle zwei Zellkerne in Theilung fand; wohl möglich, dass auch dieser ungewohnte Fall später durch Kernverschmelzung ausgeglichen wurde. — Ich glaube überhaupt, dass die Fähigkeit unter einander zu verschmelzen, den Zellkernen ganz allgemein zukommt.

Corydalis cava entsprechend verhält sich, wie Soltwedel feststellen konnte, *Corydalis pallida*. Der protoplasmatische Wandbeleg ist auch bei dieser Species zur Bildungszeit der Scheidewände sehr zart, doch fester als bei vorausgegangener Species, so dass er sich, natürlich nur im erhärteten Zustande, von der Embryosackwandung zusammenhängend abheben lässt.

Dass aber der Vorgang nicht allein auf einige Corydalis-Arten beschränkt ist, lehrt der Umstand, dass er, wie Soltwedel seitdem ebenfalls fand, auch bei *Pulmonaria officinalis* und oft auch bei *Staphylea pinnata* wiederkehrt, ja selbst bei der Monokotyledonee *Galanthus nivalis* war er wiederzufinden. Er dürfte somit gar nicht zu den seltenen Erscheinungen bei der Endospermbildung gehören. Da in den letztgenannten Fällen der protoplasmatische Wandbeleg stark ist und sich auch leicht im erhärteten Zustande freilegen lässt, so kann die Zartheit des Wandbelegs, wie bei Corydalis cava, nicht die ausschliessliche Ursache der Bildung vielkerniger Zellen sein, wohl aber mag in anderen Fällen der Mangel an gewissen Bestandtheilen im Protoplasma dies veranlassen können.

Wie ich schon in der botanischen Zeitung (l. c.) angegeben habe, findet bei *Biserrula Pelecinus*, einer Papilionacee, die Zellbildung um die freien Kerne nicht anders wie bei Myosurus statt, nur dass die Strahlenbildung im Plasma weniger deutlich vortritt. *Phaseolus* aber, an dem die freie Endospermbildung mit Vorliebe studirt worden ist, den ich in Folge dessen auch als erstes Object für meine Untersuchungen gewählt hatte, bildet überhaupt keine Zellen um die zahlreichen Kerne des Wandbelegs. In gewohnter Weise vermehren sich hier diese Zellkerne, doch zur Scheidewandbildung zwischen denselben kommt es nicht. Vielmehr bleiben die Zellkerne bis zu dem Augenblicke frei, wo der rasch anwachsende Keim den Wandbeleg erreicht. Vorher schon fällt es auf, dass die Grösse der [illegible] den beiden Enden des Embryosackes gegen die [illegible] dass die Kerne in den mittleren Theilen [illegible] schwach gegen das um

Fig. 65). Schliesslich werden die Kerne desorganisirt, wobei ihre Umrisse ganz verschwinden, oder, wie ich das besonders in dem Mikropyl-Ende des Embryosackes beobachtete, es schwellen die Kerne so weit an, bis sie sich gegenseitig erreichen, was das scheinbare Bild eines Gewebes giebt, in welchem die mehr oder weniger in ihrer Gestalt veränderten, starklichtbrechenden Kernkörperchen die Stellung von Zellkernen einnehmen [1]).

Soltwedel fand, dass sich Faba vulgaris ganz ebenso wie Phaseolus verhält und so auch müssen sich, auf Grund Hegelmaier'scher Angaben, die Vorgänge im Wandbelege des Embryosackes von Lupinus abspielen [2]). In dem vorderen Theile der Samenhöhle, in der Umgebung des Keimes, wird aber bei Lupinus, nach Hegelmaier [3]), ein wirklicher Endospermkörper erzeugt, indem die Zellkerne hier nicht desorganisirt, vielmehr Zellen um dieselben gebildet werden. Hegelmaier lässt vor beginnender Scheidewandbildung in einem Theile des Plasma die Substanz sich in körnige, verschieden geformte Stücke und eine wasserhelle dieselben trennende Grundmasse scheiden; in der wasserhellen Masse sollen dann die Grenzlinien der Zellen auftreten. Auf Grund anderweitiger Erfahrungen möchte ich hingegen annehmen, dass es sich hier nicht um eine Trennung in der Substanz des Plasma, vielmehr um die Bildung sehr quellbarer, die Plasmamassen aus einander drängender Zellplatten handelt. Dass Scheidewände schon während ihrer Anlage quellen können, haben wir an andern Beispielen gesehen. Die Trennungslinien welche Hegelmaier in der wasserhellen Substanz beobachtete, können nur die resistenter gewordenen Mittellamellen der gequollenen Scheidewände sein. In einem Theile des Plasma und zwar dem an die Höhlung des Embryosackes grenzenden, soll übrigens auch nach Hegelmaier die Sonderung in der Grundsubstanz unterbleiben und die Scheidewände als zarte körnige Linien auftreten. Hier quellen die Scheidewände eben nicht und lässt sich deren Entstehung somit leicht verfolgen. Verbindungsfäden scheinen, nach den Abbildungen Hegelmaier's zu urtheilen, nicht sichtbar zu werden, selbst nicht bei der Anlage der nicht quellenden Wände.

Von Monokotyledonen habe ich nach Soltwedel'schen Prä-

---

1) Vgl. hierüber botanische Zeitung Sp. 270. 1879.

2) Ebendas. Sp. 129 u. ff. und die vorhin gegebene Literatur-Uebersicht.

3) Ebendas. Sp. 132 u. ff.

paraten eingehend studiren können: Leucoium aestivum, Lilium Martagon, Galanthus nivalis, Asparagus officinalis und Sisirynchium iridifolium.

Ein Zellkern aus dem protoplasmatischen Wandbelege des Embryosackes von Leucoium aestivum präsentirt sich im ruhenden Zustande etwa wie unsere Fig. 66, Taf. III. Er führt meist ein grosses Kernkörperchen, oder auch mehrere, ausserdem ziemlich viel körnigen Inhalt; nach aussen wird er von einer zarten Wandung umgeben. Soll der Zellkern in Theilung eintreten, so beginnen vor Allem die Körner in seinem Innern fadenförmig zu verschmelzen, so dass zunächst Bilder wie die Fig. 67 entstehen. Auch die Kernkörperchen werden schliesslich in diese Veränderung hineingezogen, die sich durch Zustände wie Fig. 68. 69. 70 documentiren. Die Fäden haben schliesslich eine annähernd parallele Lagerung eingenommen (Fig. 69. 70), und bilden Schleifen an den Polen. Dann zieht sich die Kernsubstanz nach dem Aequator, an den Polen werden die Schleifen geöffnet (Fig. 72—76). Merkwürdig ist, dass einzelne grössere Substanzklumpen öfters an beliebigen Stellen der Kernspindel, manchmal neben derselben (vgl. die Figuren) bis in späte Entwicklungszustände hinein, liegen bleiben können.

Die Kernspindel besitzt schliesslich eine Kernplatte, welche aus äquatorial gelagerten Elementen gebildet wird, die polwärts längere oder kürzere, unregelmässig gekrümmte und an den Enden zum Theil angeschwollene Fäden absenden. Zwischen diesen, sich wie die äquatorielle Ansammlung tingirenden Fäden, sind die ungefärbten, zarten Spindelfasern meist nur schwer zu erkennen. So in den Präparaten die mir zuerst vorlagen und nach denen ich meine Bilder entworfen hatte. Seitdem sind mir noch andere Vorkommnisse aufgestossen, darunter solche mit nur sehr kurzen und wenig entwickelten polsichtigen Fäden an der Kernplatte und beiderseits deutlich hervortretenden Spindelfasern. Die Kernplatte erschien nun, vom Pol aus betrachtet, aus radial gelagerten, manchmal an den inneren Enden mit einander verschmolzenen, an den äusseren Enden knotenförmig angeschwollenen Elementen gebildet. Selbst solche Spindeln sind mir begegnet, deren Kernplattenelemente als lange, unregelmässige Fäden, weit seitwärts [illegible] Spindel hinausragten, letztere hingegen, relativ klein, aus [illegible]ldet, zwischen denselben zu sehen war [1]).

[1]) [illegible]g's Bilde von Allium odorum, Fig. 22, Taf. VIII. [illegible]VIII.

Die Kernplatte spaltet sich im Aequator und ihre beiden Hälften rücken, mit wenig Regelmässigkeit aus einander, zahlreiche tingirbare Fäden ausspinnend (Fig. 77—80). Diese werden hier erst spät eingezogen und meist wenige farblose, schwer sichtbare Verbindungsfäden bleiben zurück.

Während des Auseinanderweichens der Kernplattenhälften werden die Spindelfasern an den Polen sichtbar, auch in den Fällen, in denen sie zuvor durch die polwärts gerichteten Fortsätze der Kernplatte verdeckt waren.

Eine Zellplatte wird in den meisten Fällen nicht gebildet, in andern angedeutet. Die Figuren 81—83 zeigen die fortschreitende Anlage der jungen Kerne. In Fig. 84 erscheint die Kernwandung schon abgehoben, der Inhalt in einzelne Körner gesondert, unter denen auch die Kernkörperchen sich zu markiren anfangen.

Bei beginnender Zellbildung erscheinen die Kerne von schönen Strahlen umgeben, die aber seitliche Anastomosen zeigen.

Die Zellkerne im Wandbeleg älterer Embryosäcke von Lilium Martagon können eine ganz auffallende Grösse erreichen, wie dies Fig. 85, Taf. III lehrt. Die Wandung ist nur schwach markirt, manchmal schwer zu unterscheiden. Im Innern zahlreiche, relativ grosse Körner, von denen die Grössten und sich besonders dunkel tingirenden, wohl als Kernkörperchen anzusprechen wären, eine Unterscheidung, die sich hier freilich nur schwer durchführen lässt, da zwischen den grössten und den kleinsten Körnern alle Mittelstufen vertreten sind. Gleichzeitig zeigen die Zellkerne meist eine eigenthümlich gekrümmte Gestalt.

Bei Vorbereitung zur Theilung verschmelzen die Körner zu gewundenen Fäden (Fig. 86 u. 87, Fig. 86 aus einer Gegend wo die Kerne relativ kleiner waren). Weiterhin verbinden sich diese Fäden zu netzförmigen Figuren, wie das die Figuren 88. 89, Taf. III; 90. 91, Taf. IV, endlich 92 u. 93, Taf. IV zeigen. Die letzteren beiden Figuren schliessen schon an die fertige Kernspindel an, welche durch die Figuren 94. 95. 96 und 97, Taf. IV versinnlicht wird. Der Vorgang ist hier der, dass zunächst das im Zellkern gebildete unregelmässige Netz (Fig. 90. 91. 88) vorwiegend in einer Richtung gestreckt wird (Fig. 89), die von dieser Richtung abweichenden queren Verbindungsbrücken sich nach der Aequatorialebene ziehen (Fig. 92. 93) und die in Schleifen verwandelten Maschen des Netzes nun vorwiegend senkrecht gegen dieselben gestellt erscheinen. Dann öffnen sich die Schleifen an ihren Polenden (Fig. 94, 95 u. ff.) und wir erhalten eine Kern-

spindel, die aus einer mehr oder weniger continuirlichen hier nur relativ schwachen äquatorialen Platte und von derselben abgehenden nach den Polen zu frei endenden Fäden besteht. Diese Fäden sind von verschiedener Dicke, an ihren polaren Enden manchmal angeschwollen.

Man wäre zunächst geneigt, in der äquatorialen Verdichtung, die Kernplatte in den von ihr abgehenden Fäden die Spindelfasern zu erkennen; dies wäre aber entschieden unrichtig. Tinctionsbilder lehren vielmehr, dass wir es in dem ganzen Gebilde nur mit einer eigenthümlichen Ausbildung der Kernplatte zu thun haben. Die nicht tingirbaren Spindelfasern sind in diesen Kernspindeln zunächst nicht zu sehen, doch hat mir der Zufall flachgedrückte Kernspindeln (Fig. 98) in die Hände gespielt, an denen, zwischen den nach den Polen zu verlaufenden Fäden, auch nicht tingirte, freilich zwischen den tingirten nicht leicht unterscheidbare sehr feine Fasern zu sehen waren.

Es werden sich übrigens, wie bei Leucoium so auch hier, vermuthe ich, noch Fälle auffinden lassen, mit mehr nach dem Aequator gezogenen Kernplattenelementen und polwärts hervortretenden Spindelfasern.

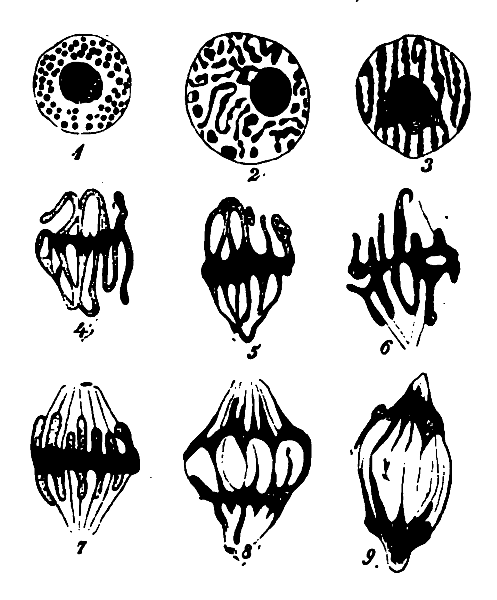
Bei beginnender Theilung der Kernplatte sieht man die im Aequator angesammelte Substanz sich beiderseits auf die polwärts gerichteten Fäden zurückziehen. An den Polen werden jetzt öfters die Enden der sich nicht färbenden Spindelfasern sichtbar (Fig. 99. 100. 101. 102). Das Auseinanderweichen im Aequator beginnt mit wenig Regelmässigkeit (Fig. 99). Bald hat sich aber die Kernplattensubstanz so weit regelmässig zu beiden Seiten auf die Balken vertheilt, dass diese gleichmässig stäbchenförmig erscheinen (Fig. 100—102). Dann zieht die Kernplattensubstanz immer mehr nach den Polenden der Stäbchen hin; die im Aequator noch ausgespannten tingirbaren Fäden werden eingezogen (Fig. 102. 103. 104). Dann erst kommen in der geraden Verbindungslinie beide Schwesterkernanlagen, die nicht tingirbaren, echten Verbindungsfäden zum Vorschein, die hier ganz auffallend parallel verlaufen. In ihnen wird die Zellplatte ausgebildet (Fig. 105—107). Die Zellplatte führt hier sogar nicht selten zur Bildung eines entsprechenden Stückes von Cellulose-Wand, welche sehr stark quillt und so ein Loch in den protoplasmatischen Wandbeleg zu bilden scheint (Fig. 108). Diese Wand wird alsbald resorbirt.

Die Anlage der Tochterkerne aus den Hälften der Kernplatte

bietet sonst nichts Eigenthümliches dar. Die Elemente nähern sich einander bis zur seitlichen Verschmelzung (Fig. 104). Weiter hebt sich eine Wandung von den jungen Zellkernen ab, ihr Inhalt sondert sich in Körner. Diese Zellkerne wachsen ganz auffallend und haben bald die Grösse wie in Fig. 106. 107 u. 108 und die charakteristisch gekrümmte Gestalt erlangt.

Ganz besonders interessant war mir das Studium von Galanthus nivalis, zu welcher Pflanze die Figuren nebenan im Holzschnitt gegeben sind. Die sehr grossen, bis 0,024 Mm. Durchmesser zeigenden, ruhenden Zellkerne des Wandbelegs im Embryosack zeigen eine scharf nach aussen abgegrenzte Wandung, ein grosses Kernkörperchen, seltener mehrere und körnigen, in der Nähe der Wandung vorwiegend angesammelten Inhalt (Fig. 1). Die Grösse der Kerne gestattet es sicher festzustellen, dass man es hier in dem ruhenden Kern wirklich mit Körnern und nicht sofort mit Fäden zu thun hat.

Soll der Zellkern in Theilung eintreten, so wird er zunächst etwas grösser und seine Körner verschmelzen reihenweise zu gewundenen Fäden (Fig. 2). Diese Fäden erscheinen zunächst gleichmässig im Zellkerninnern vertheilt, alsbald macht sich aber unter ihnen die Tendenz geltend, sich in vorwiegend parallele Streifen zu ordnen (Fig. 3). Das grosse Kernkörperchen (respective die grossen, wenn mehrere vorhanden) ist noch immer intact.



Dann geht es aber auch in der Fadenbildung auf. Gleichzeitig wird die Kernwandung eingezogen. Hierauf beginnt eine Ansammlung von Substanz im Aequator, dort eine Anschwellung der Fäden und seitliche Verschmelzung derselben veranlassend (Fig. 4, 5). So erhalten wir eine scheinba continuirliche äquatoriale Platte, von welcher beiderseits Fäden abgehen, die an den Polen Schleifen bilden (Fig. 4, 5).

Auf dem nächsten Zustande öffnen sich diese Schleifen an den Polen und wir haben eine dichte äquatoriale Platte, der beiderseits, annähernd rechtwinklich, kürzere oder längere, oft an ihren Enden angeschwollene oder hackenförmig zurückgekrümmte, dicke Fäden aufsitzen (Fig. 6). Dieses ganze Gebilde ist hier wieder Kernplatte und färbt sich gleichmässig. Die Balken convergiren nur wenig nach den Polen. Zu der Zeit aber wo sich die Schlingen öffnen, werden beiderseits der Kernplatte feine, nicht tingirbare Fäden sichtbar, die, gegenseitig convergirend, sich auf eine merkliche Strecke hin nach den Spindelpolen fortsetzen (Fig. 7). Die Fäden sind Spindelfasern, und die Kernspindeln von Galanthus nivalis können somit zur weiteren Beleuchtung und zum besseren Verständniss der abgebildeten Kernspindeln von Leucoium und Lilium dienen. Die Kernplatte bei Galanthus zeigt thatsächlich einen ganz ähnlichen Bau wie die dargestellten von Leucoium und Lilium, nur die Fäden beiderseits von der äquatorialen Platte sind kürzer. Dieser letzte Umstand bringt es aber mit sich, dass die Spindelfäden beiderseits zum Vorschein kommen.

Es ist bei Galanthus eben so wie bei Lilium und Leucoium leicht festzustellen, dass der gesammte tingirbare Inhalt des Zellkerns in die Bildung der Kernplatte eingeht. Woher aber die Substanz der Spindelfasern, deren Vorhandensein hier zum Mindesten bei Galanthus nicht in Abrede gestellt werden kann? sollte sie aus dem Kernsaft stammen? das sicher nicht, vielmehr wie ich später noch werde zu zeigen suchen, aus dem umgebenden Zellplasma.

Mit der Annahme, dass die ganze tingirbare Substanz des Kerns als Kernplatte aufzufassen sei, und die nicht tingirbaren Spindelfasern, wo sie unsichtbar, zwischen den Elementen der Kernplatte verborgen liegen, komme ich in Uebereinstimmung mit Flemming's letzter Publication [1]).

---

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVIII, p. 218. 1880.

Die Theilung der Kernspindel wird auch bei Galanthus eingeleitet, durch Trennung innerhalb der äquatorial angesammelten Substanz und dem Auseinanderweichen derselben beiderseits mit den Fäden (Fig. 8). Sie verstärkt diese aber nicht in gleichmässiger Weise, zieht sich vielmehr in fast zusammenhängender Schicht beiderseits nach den Polen. Zwischen ihren beiden Hälften werden ziemlich dicke Stränge tingirbarer Substanz ausgezogen (Fig. 8), die sich weiterhin verdünnen und schliesslich in die zugehörigen Kernplattentheile eingezogen werden. Es bleiben dann nur wenige, nicht tingirbare, feine Fäden, zwischen den auseinanderweichenden Anlagen zurück. Die Kernplattensubstanz concentrirt sich aber an den Polen, um hier die Bildung der Tochterkerne einzuleiten (Fig. 9).

Bei Asparagus officinalis sind die freien Zellkerne im Wandbeleg des Embryosacks relativ sehr klein, nicht grösser als bei Viola palustris (vergl. Taf. I, Fig. 32) und ganz nach dem Typus der letzteren gebaut. Sie führen meist ein, aber auch zwei, selbst drei, stark lichtbrechende Kernkörperchen und sonst nur wenig feinkörnigen Inhalt in der Nähe der scharf markirten Wandung. Auch die aus den Kernen hervorgehenden Spindeln schliessen durchaus an diejenigen von Viola (vergl. Taf. I, Fig. 33) an, wenn sie auch nicht ganz so scharf gezeichnet auftreten. Ebenso erfolgt auch die Theilung wie bei Viola.

Wie Asparagus verhält sich, was die Gestalt und Grösse der Kernspindeln und deren Theilung anbetrifft, Sisyrinchium iridifolium, nur dass die Vertheilung der Kerne im Wandbeleg eine andere ist. Die den Embryosack umgebenden grossen, tafelförmigen Zellen springen nämlich bauchförmig in denselben vor, und dieses hat zur Folge, dass das Protoplasma des Wandbelegs sich vornehmlich nur in den tieferen, den Contouren dieser Zellen entsprechenden Rinnen ansammelt. Der erhärtete und freigelegte Wandbeleg zeigt somit das Bild eines, von so angehäuftem Plasma gebildeten Netzes mit polygonalen Maschen. Ausschliesslich nur in den Balken des Netzes findet man die Zellkerne, meist mehrere in jedem Balken, in einfacher Reihe angeordnet.

Das Aussehen der Kernspindeln bei Asparagus und Sisyrinchium lehrt uns, dass der durch Lilium und Galanthus repräsentirte Typus nicht der einzige bei den Monokotylen ist, dass hier vielmehr die nämlichen Kernspindeln wie bei Dikotylen vorkommen können. Bei Dikotylen gelang es mir hingegen bis jetzt

nicht, den erst genannten Typus zu Gesicht zu bekommen, wohl aber bin ich demselben auch bei Gymnospermen begegnet.

Allium odorum, das ich schon früher in der botanischen Zeitung[1]) erwähnt hatte, besitzt eben so grosse Kernspindeln wie Galanthus, doch ist die Kernplatte auf den Aequator zusammengezogen, die Spindelfasern beiderseits derselben schön entwickelt. Die Kernplatte besteht aus zahlreichen, unregelmässig gehäuften, grossen Körnern, wie in dem bei der Zelltheilung später zu besprechenden Beispiele von Nothoscordum. Ich hob schon in der botanischen Zeitung hervor, dass die Strahlenbildung bei Allium odorum zur Zeit der Zelldifferenzirung kaum kenntlich ist[2]). Die Zellkerne sind auch um diese Zeit nicht rund, sondern wie bei Lilium elliptisch, resp. wurstförmig gestaltet. Sie sind von einer zarten Kernwandung umgeben; ihr Inhalt, in dem nur schwer eine Sonderung durchzuführen ist, und der vielleicht der Hauptsache nach aus Substanz der Kernkörperchen besteht, ist in perlschnurförmig contourirten, annähernd parallelen Streifen, quer zur Längsachse der Kerne angeordnet (Taf. IV, Fig. 109). Das die Kerne umgebende Protoplasma ist sehr körnchenreich. Bei aufmerksamer Betrachtung lässt sich auch hier eine Streifung senkrecht zu dem Verlaufe der Zellplatten erkennen. Die Streifen sind kurz, parallel zu einander und lassen sich nicht bis in die Nähe der Zellkerne verfolgen, ähnlich somit etwa als wie bei Caltha palustris. Ich habe es versucht, in Fig. 109 ein möglichst getreues Bild von diesen Verhältnissen zu entwerfen. Die Streifung findet sich an manchen Stellen kaum angedeutet; doch fällt sofort die sonstige Uebereinstimmung dieser Bilder mit früher von uns betrachteten auf. Die Trennungslinien halten sich in gleichen Abständen von den Zellkernen und verrathen noch in der herangezogenen Figur ihren Ursprung aus getrennten Körnchen. Der gestreckten Form der Zellkerne entspricht meist auch eine, in gleicher Richtung verlängerte Gestalt der Zellen. Festzustellen war, dass auch die Samen von Allium nach Beginn der Endospermenbildung nur wenig mehr an Grösse zunehmen; auch hier fällt diese Bildung somit mit dem Augenblick zusammen, in welchem der Embryosack sein rasches Wachsthum einstellt.

Wie schon früher in der botanischen Zeitung angegeben

---

1) l. c. Sp. 269.
2) l. c. Sp. 269.

wurde[1]), hatte ich auch für Gymnospermen: Pinus, Picea, Larix und Gnetum, die allmälige Zunahme der Kerne im Wandbelege des Embryosackes feststellen können. Ja gerade bei den Gymnospermen war mir zuerst die öfters wiederkehrende, paarweise Annäherung der Zellkerne aufgefallen.

Bei Gnetum Gnemon fand ich einmal einen primären Embryosackkern in Theilung, und habe ich diesen Fall in der Fig. 60, Taf. XIV, meiner Angiospermen und Gymnospermen (1879) abgebildet. Die Embryosack-Mutterzellen werden bei Gnetum in Mehrzahl angelegt und geben oft mehreren Embryosäcken den Ursprung, die sich zunächst auch gleichmässig weiterentwickeln können. Einen solchen Fall zeigt uns eben die citirte Figur 60, in welcher der untere Embryosack rechts noch den ruhenden primären Kern; der Embryosack links, denselben Kern als Spindel; der obere Embryosack rechts, zwei Kerne zeigt. In den Fig. 59 und 61, Taf. XIV l. c., führen die Embryosäcke je vier Kerne. In Fig. 63 l. c. hat aber der Embryosack bedeutend an Grösse zugenommen und eine grosse Zahl Kerne ist bereits in dessen Wandbeleg zu sehen.

Die ruhenden Zellkerne im Embryosack von Gnetum Gnemon haben ein grosses Kernkörperchen und sonst wenig Inhalt[2]); die Kernspindeln zeigen eine starke äquatoriale Kernplatte und nach den Polen convergirende Spindelfasern.

Im Embryosack von Larix ist zunächst nur ein Zellkern vorhanden (vergl. Fig. 30, Taf. XI l. c.), dann fand ich derselben zwei (Fig. 31 l, c.).

Bei Pinus Pumilio sah ich einen, zwei und vier Kerne.

Für Picea vulgaris liegen mir verschiedene Theilungsstadien vor. Die ruhenden Kerne im Wandbeleg zeigen eine sehr dünne Wandung und einen relativ sehr reichhaltigen, körnigen Inhalt. In diesem zeichnen sich die Kernkörperchen, meist eins, oder auch mehrere, durch ihre Grösse aus (Taf. IV, Fig. 110). Soll der Kern in Theilung eintreten, so wird zunächst seine Wandung eingezogen und bildet, zusammen mit dem Inhalt, Figuren, deren einige unter 111 a, b, c, und d, dargestellt sind. Diese führen zur Bildung der Kernspindel (Fig. 112 und 113 a, b, c) die eine nicht geringe Aehnlichkeit mit den Spindeln von Lilium

1) l. c. Sp. 270.

2) Dies war bei der Wiedergabe der citirten Figuren nicht hinlänglich berücksichtigt worden.

verräth, und wie diese in ihrem ganzen sichtbaren Theile, von nur einer Substanz gebildet zu sein scheint. Die sichtbare Substanz tingirt sich gleichmässig. Die Spindeln zeigen (Fig. 112, 113) eine äquatoriale Substanzansammlung in Gestalt einer unregelmässig hin und her gekrümmten Platte und von dieser abgehend nur schwach nach den Polen zu convergirende Fäden. Die Kernspindeln liegen in einem grobkörnigen, dunklen Plasma eingebettet, zarte Spindelfasern können unter solchen Umständen nicht sichtbar werden. Vorgerücktere Stadien des Auseinanderweichens der Kernplattenhälften zeigt uns die schon früher veröffentlichte Fig. 114, während wir anderseits in den Fig. 115 und 116 die weitere Ausbildung der Schwesterkerne verfolgen können. Transitorische Zellplatten werden nicht gebildet.

Auffallend ist, wie gleichzeitig sich hier in dem ganzen Wandbeleg des Embryosacks die Theilungsvorgänge abspielen, man findet an allen Orten fast den nämlichen Entwicklungszustand.

Hat der Embryosack eine bestimmte Grösse erreicht, so sehen wir die Verbindungsfäden zwischen den Zellkernen auftreten (Fig. 117). Der Reichthum an körnigen Stoffen lässt hier die Fäden weniger scharf, doch immerhin deutlich genug hervortreten. Es folgt hierauf die Bildung der Zellplatten und der Scheidewände, zu dem Zustande der Fig. 118 führend. Das Aussehen der Scheidewände verräth hier noch ihren Ursprung aus isolirten Körnchen. Die Scheidewände sind relativ dick, beiderseits liegt ihnen feinkörniges Protoplasma an, das auch in zahlreichen radialen Strängen, den Zellkern mit dem Wandbeleg verbindet. Die Scheidewände setzen an die sehr stark verdickte, durch Resorption der umgebenden Zellen völlig freie Embryosack-Wand an.

Ich habe schon in meinen beiden letzten Publicationen [1]) darauf hingewiesen, dass auch bei den Pinus-Arten mit zweijähriger Samenreife das Endosperm nur einmal angelegt wird, und dass die Zellen, die Hofmeister für die Endospermzellen des ersten Jahres hielt [2]), in Wirklichkeit gegen einander befreite, zur Resorption bestimmte Zellen sind, welche den jungen Embryosack umgeben. Der Embryosack überwintert mit nur einem, dem primären Zellkern, und erst im kommenden Frühjahr erfolgt dessen Theilung und die weitere freie Vermehrung der Kerne, bis zur Anlage des Endosperms.

---

1) Bot. Zeitung 1879 und Angiospermen und Gymnospermen 1879, p. 115.

2) Vgl. Untersuchungen p. 127, 128. 1851.

Ich vermuthe, dass auch bei den Gymnospermen die Endospermbildung das Ende einer raschen Grössenzunahme des Embryosacks bezeichnet und dass während der Anlage der Verbindungsfäden und der Scheidewände dieses Wachsthum ganz unmerklich wird oder stille steht. Weiterhin nimmt hier aber der Endospermkörper durch Wachsthum und Vermehrung seiner Zellen noch bedeutend an Umfang zu.

Die Vorstellung die man früher von der „freien Zellbildung" in den Embryosäcken der Phanerogamen gewonnen hatte, war in dreifacher Beziehung eine unrichtige; denn erstens stellte man sich vor, dass der Embryosack-Kern aufgelöst wird; zweitens, dass die Zellkerne im Wandbeleg frei entstehen; drittens, dass die Zellen sich frei gegen einander um diese Zellkerne bilden und erst bei späterem Wachsthum aufeinander stossen. Wir haben hingegen gefunden, dass die Zellkerne alle vom primären Zellkern des Embryosacks stammen, sich durch fortgesetzte Zweitheilung vermehren und dass zwischen diesen Zellkernen schliesslich Scheidewände auftreten, welche den anstossenden Zellen sofort gemeinsam sind.

Es frägt sich nach alledem, ob die Bezeichnung „freie Zellbildung" auf diese Vorgänge überhaupt noch anzuwenden sei. Ich habe mich für die Beibehaltung dieser Bezeichnung in der botanischen Zeitung [1]) bereits ausgesprochen und zwar aus dem Grunde, weil hier die Kerne sich frei vermehren, und dann die Verbindungsfäden auch frei um dieselben gebildet werden.

Der Unterschied zwischen freier Zellbildung, wie sie jetzt vorliegt, und der Zelltheilung ist freilich nur ein relativer, was später noch des Näheren erörtert werden soll.

Bleibt die Bezeichnung „freie Zellbildung" für die geschilderten Fälle der Endospermbildung aber beibehalten, so muss sie auch auf die Vorgänge sogenannter „Vielzellbildung" ausgedehnt werden, so weit es sich hierbei um gleichzeitige Bildung vieler Zellen innerhalb einer Mutterzelle handelt.

Wir werden im Weiteren sehen, dass die Vorgänge nicht wesentlich verschieden sind, ob nun bei solcher Zellbildung der gesammte Inhalt der Mutterzelle, oder nur ein Theil derselben in der Erzeugung von Tochterzellen aufgeht [2]).

---

1) l. c. Sp. 275.

2) In diesem Sinne sprach sich schon Brefeld aus. Stzbr. der Gesell. nat. Fr. zu Berlin 1875. Separat-Abdruck p. 4, Anm.

Zu den Vorgängen letzterer Kategorie gehört die Anlage des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen im Embryosack der Angiospermen.

Eine grosse Zahl von Beobachtungen die ich selbst [1]), seitdem auch zum Theil meine Schüler angestellt haben, lehrt mich, dass dieser Vorgang stets in derselben Weise abläuft.

Als Beispiel wähle ich zunächst Monotropa Hypopitys, eine der ersten Pflanzen die ich auf diese Vorgänge untersucht hatte und die ich Gelegenheit fand neuerdings wieder zu prüfen. Ich nehme auch die betreffenden Figuren [2]) aus meinem Aufsatze über Befruchtung und Zelltheilung hier auf, doch revidirt und in einigen Details verbessert.

Die Samenknospen von Monotropa sind durchsichtig und lassen ohne Weiteres den Einblick in das Innere des Embryosackes zu. Um die Theilungszustände der Zellkerne sichtbar zu machen, pflegte ich den Präparaten einen Tropfen einprocentiger Osmiumsäure zuzusetzen. Neuerdings untersuchte ich auch Alkohol-Material, das undurchsichtig und relativ ungünstig für die Beobachtung wird, immerhin auf Querschnitten durch den Fruchtknoten doch manches gelungene Bild der Samenknospe liefert. So controlirte ich die, an den frischen und den Osmium-Präparaten gewonnenen Resultate, namentlich im Hinblick auf die Theilungszustände der Zellkerne.

Der junge Embryosack (Taf. IV, Fig. 119) führt nur einen, den primären Zellkern. Dieser theilt sich (Fig. 120) und seine beiden Nachkommen rücken auseinander, in die beiden Enden des Embryosackes (Fig. 121). In letzteren hat sich fast alles Protoplasma angesammelt und hängt in der Mitte nur durch einen, die Seitenwände des Embryosackes auskleidenden dünnen Beleg zusammen. Ungeachtet in den Verbindungsfäden der beiden Schwesterkerne eine Zellplatte sichtbar wurde, kam es nicht zur Bildung einer den Embryosack halbirenden Scheidewand. In dem bedeutend anwachsenden Embryosacke gehen die beiden Kerne in eine neue Theilung ein (Taf. V, Fig. 122, 123). Auch zwischen den neuen Schwesterkernen werden provisorische Zellplatten, die zur Bildung von Scheidewänden nicht führen, ange-

---

1) Befruchtung und Zelltheilung 1878. In der jenaischen Zeitschr. für Naturw. Bd. XI. neue Folge Bd. IV, p. 435. 1877. Angiospermen und Gymnospermen 1879.

2) Fig. 105–124, Taf. III u. IV der Separat-Ausgabe: Taf. XXIX und XXX der jenaischen Zeitschr. 1877.

deutet. Die je zwei Schwesterkerne verbleiben in dem angesammelten Protoplasma der beiden Enden des Embryosacks (Taf. V, Fig. 124). Es folgt noch eine Theilung der vier Kerne und zwar in je zwei sich kreuzenden Ebenen (Taf. V, Fig. 125, 126). Diese Kreuzung hat zur Folge, dass je zwei Schwesterkerne in gleicher Höhe, das vordere, respective das hintere Ende des Embryosacks einnehmen, je zwei Schwesterkerne aber weiter nach dem Innern des Embryosackes zu und zwar in verschiedenen Höhen zu liegen kommen.

Zwischen den Schwesterkernpaaren sind wiederum Zellplatten zu sehen (Fig. 126). Auf dem nächstfolgenden Entwicklungsstadium finden wir je drei gegen einander abgegrenzte Zellen in dem vorderen und dem hinteren Ende des Embryosacks (Fig. 127, 128). Es ist hier nicht festzustellen, ob, wie in den meisten Fällen der freien Endospermbildung, die Zellplatten des letzten Theilungsschnittes zurückgebildet und dann neue angelegt worden, oder ob, wie bei der freien Endospermbildung von Caltha palustris, diese Zellplatten mit zur definitiven Abgrenzung der Zellen verwerthet worden. Die Sache ist insofern irrelevant, da wir wissen, dass beide Vorgänge möglich und nicht principiell verschieden sind. Für alle Fälle muss der äussere Kern des inneren Paares, vorn und hinten, gegen das äussere Paar durch eine neue, frei zu bildende Scheidewand abgegrenzt werden. Zwischen dem innersten Kern vorn und dem innersten Kern hinten wird eine Scheidewand nicht ausgebildet und somit fallen beide einem gemeinsamen Zelllumen zu (Taf. V, Fig. 127, 128 u. 129). Dass diese letztere Scheidewand nicht entsteht, ist wohl eine Folge der zu grossen Entfernung der beiden genannten Kerne von einander, und der Protoplasma-Armuth des Embryosacklumens.

Das erneuerte Studium der Alkohol-Präparate von Monotropa hat gezeigt, dass meine früheren Bilder der Kernspindeln dieser Pflanze in einem Detail zu verbessern seien. Die Enden der Kernfasern hatte ich nämlich auf Grund von Osmiumsäure-Präparaten mit einer knopfförmigen Anschwellung versehen, überzeugte mich aber jetzt, dass letztere an Alkohol-Präparaten fehlt. In diesem Sinne habe ich die Figuren corrigirt. — Die ruhenden Kerne fand ich in den Embryosäcken von Monotropa mit grossen Kernkörperchen, scharf gezeichneter Wandung und ziemlich reichhaltigem, feinkörnigen Inhalt; die Kernspindeln mit starker Kernplatte deren Körner seitlich fast verschmolzen schienen und Spindelfasern. Letztere neigen nach den Polen hin zusammen,

doch nicht so stark, um sich hier zu treffen. Je breiter die Kernplatte, um so breiter waren auch die Kernpole. Die Zellplatte fand ich relativ nur schwach markirt.

Von den drei Zellen im vorderen Ende des Embryosacks: den Zellen des „Eiapparates" sind, wie ich gezeigt zu haben glaube[1]), die beiden vordersten die „Gehülfinnen" oder „Synergiden" und dienen zur Uebertragung des Pollenschlauch-Inhalts auf die dritte, tiefer inserirte Zelle: das Ei. Die drei Zellen im hinteren Embryosack-Ende: die Gegenfüsslerinnen, sind gleichwerthig.

In meinem Buche über Angiospermen und Gymnospermen habe ich es weiter versucht, die Vorgänge bei Anlage des Eiapparats und der Gegenfüsslerinnen im Embryosack der Angiospermen als Beginn der Endosperm-Bildung resp. der Prothallium-Bildung zu deuten — und mit der Endosperm-Bildung bei Gymnospermen zu parallelisiren[2]). Bei Gymnospermen schreitet diese Bildung ununterbrochen fort und die Geschlechtsorgane werden erst am Schlusse derselben angelegt; bei Angiospermen differenziren sich hingegen die ersten Endospermzellen im vorderen Embryosack-Ende schon zu Geschlechtszellen mit eigenthümlicher Arbeitstheilung und hierauf wird die Endosperm-Bildung unterbrochen, um nach der Befruchtung erst wieder aufgenommen zu werden. Bei aller freien Endospermbildung spielen sich aber die Vorgänge symmetrisch im Embryosacke ab und als eine solche Bildung, aus Ursachen des Gleichgewichts, fasse ich die Gegenfüsslerinnen auf.

Als eine sehr auffallende Erscheinung war mir, bei deren Entdeckung, die Verschmelzung der beiden, dem Embryosackinnern zufallenden Kerne zu einem einzigen entgegengetreten. Man sieht nämlich bei Monotropa, gleich nach Anlage des Eiapparates (bei andern Pflanzen auch viel später[3]), die beiden Zellkerne auf einander zuwandern (Taf. V, Fig. 130) und in einander aufgehen (Fig. 131). Das doppelte Kernkörperchen des „secundären Embryosackkerns", während die beiden ihn erzeugenden Kerne nur je e i n Kernkörperchen führten, verräth längere Zeit noch seinen Ursprung (Fig. 131). Alsbald pflegen aber auch beide Kernkörperchen zu einem einzigen zu verschmelzen

1) Befruchtung und Zelltheilung p. 32.

2) Angiospermen und Gymnospermen p. 137.

3) Bei Allium fistulosum erst zu Beginn der Befruchtung. Angiospermen und Gymnospermen p. 21.

(Fig. 138). — Wie gesagt, dieser Vorgang der Verschmelzung der beiden Embryosackkerne hatte mich, als ich ihn entdeckte, sehr überrascht, nunmehr hat er aber sehr an Wunderbarem verloren, nachdem wir den gleichen Vorgang in den Endospermzellen von Corydalis cava und anderer Pflanzen und zwar in noch grösserer Complication, gesehen. Denn nicht allein zwei Zellkerne, sondern eine noch viel grössere Anzahl derselben, konnte bei Corydalis verschmelzen. Ich erblicke somit in diesem Verschmelzen der beiden Embryosackkerne keinen besonderen, die Embryosackkerne charakterisirenden Vorgang mehr, vielmehr, wie schon erwähnt, eine den Zellkernen vielleicht ganz allgemein zukommende Eigenschaft, welche deren Vereinigung, wenn mehrere einem gemeinsamen Zellraume zugefallen sind, ermöglicht.

Nach erfolgter Befruchtung wird die unterbrochene Endospermbildung wieder aufgenommen und zwar eingeleitet durch die Theilung des „secundären Embryosackkerns". In den früher von uns betrachteten Fällen der „freien Endospermbildung" bleiben die ersten und die weiteren Nachkommen dieses Embryosackkerns zunächst frei, bei Monotropa hingegen folgt dieser Kerntheilung eine Theilung des Embryosacks, wie dies später noch geschildert werden soll. Ich berühre den Vorgang an dieser Stelle nur, um gleich zu zeigen, dass es auch hier der secundäre Embryosackkern ist, der direct in Theilung eingeht, und dass somit die Verhältnisse hier nicht anders liegen als wie für die freie Endospermbildung. Unsere Angabe, dass die freie Endospermbildung von dem secundären Embryosackkern ausgeht, wird somit auch durch das Verhalten derselben bei unfreier Endospermbildung gestützt.

Als zweites Beispiel für die Anlage des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen führe ich noch Senecio vulgaris an[1]).

Der junge Embryosack besitzt in dem Augenblick, wo er zu wachsen und die über ihm befindlichen Schwesterzellen zu verdrängen beginnt, nur einen Zellkern (Taf. V, Fig. 137, 138). Dieser Zellkern theilt sich in zwei, die in der Richtung der Längsachse des Embryosacks auseinanderrücken (Fig. 139). Eine Vacuole, die auf dem vorausgegangenen Stadium unterhalb des Zellkerns zu bemerken war, hat sich auf diesem Zustande bedeutend vergrössert. Alsbald tritt auch, bei weiterer Streckung des Embryosacks, eine Vacuole zwischen den beiden Schwesterkernen auf. Hierauf theilen sich gleichzeitig die beiden Kerne

1) Angiosp. u. Gymnosp. p. 10 u. Taf. III, Fig. 28 bis 35.

und es liegen nunmehr zwei Schwesterkerne in dem vorderen Ende des Embryosacks, zwei Schwesterkerne in der Protoplasmabrücke zwischen den beiden Vacuolen (Fig. 140). Der Embryosack wird immer länger, bleibt aber sehr schmal und die beiden vorderen, so wie die beiden hinteren Kerne rücken in der Längsachse desselben etwas aus einander (Fig. 141). Die Vacuole, welche die beiden Paare trennt, hat sich bedeutend gestreckt. Endlich findet eine letzte Theilung der Zellkerne statt und ihr folgt die Ausbildung der drei vorderen und drei hinteren Zellen. Von den drei vorderen Zellen nehmen zwei Schwesterzellen das ganze zugespitzte Ende des Embryosackes an, die dritte Zelle ist unter denselben inserirt, ihr Schwesterkern aber dem Embryosackinnern zugefallen. Von den drei Gegenfüsslerinnen nimmt eine einzige das ganze hintere Ende des Embryosacks ein, zwei liegen oberhalb derselben, neben einander, oder schräg über einander. Den vierten Kern haben sie ebenfalls an das Embryosack-Lumen abgegeben (Fig. 142). Hin und wieder theilt sich der Kern der hinteren Gegenfüsslerin, so dass sie dann zwei Kerne führt (Fig. 143). Diese Kerntheilung kann aber auch von Zelltheilung begleitet sein.

Wie bei Monotropa und in allen andern bisher beobachteten Fällen, verschmelzen auch hier die beiden freien Embryosackkerne zu einem einzigen (Fig. 142—145). Sie wandern rasch auf einander zu, so dass sie sich alsbald erreicht haben, doch erfolgt ihre Verschmelzung erst im reifen Embryosacke.

Die ruhenden Zellkerne im Embryosacke von Senecio zeichnen sich durch ihr relativ sehr grosses Kernkörperchen aus, sie besitzen eine äusserst fein gezeichnete Wandung und sind daher gegen das umgebende Protoplasma nur schwer abzugrenzen; führen auch nur wenig feinkörnigen Inhalt. Die Kernspindeln zeichnen sich durch eine starke Entwicklung der Kernplatte und eine schwache Entwicklung des faserigen Theiles aus.

Wirklich freie Zellbildung, insofern als die entstandenen Zellen sich seitlich nicht berühren, kommt in dem Ei von Ephedra vor[1]).

Die Centralzelle der Archegonien von Ephedra altissima wird vor der Reife von schaumigem Protoplasma gebildet. Sie

1) Vgl. die beiden Auflagen dieses Buches p. 1 und Angiospermen und Gymnospermen p. 153.

führt einen Zellkern der ihrem, dem Archigoniumhalse zugekehrten Ende dicht angedrückt ist. Dieser Zellkern theilt sich und mit ihm die Centralzelle in eine kleine Zelle, die Kanalzelle, und eine grosse Zelle, das „Ei“. Die Kanalzelle wird fast vollständig von ihrem Zellkern ausgefüllt, der Zellkern des Eies nimmt an Grösse bedeutend zu und wandert in das Innere des Eies (Taf. V, Fig. 146).

Zur Befruchtungszeit schwinden die grossen Vacuolen aus dem organisch oberen (vom Archegoniumhalse abgewendeten) Theile des Eies[1]; dasselbe wird jetzt zu zwei Dritteln seiner ganzen Masse von gleichmässig kleinkämmerigem, feinkörnigem, scheinbar homogenem Protoplasma erfüllt. Nur das untere Drittel behält seine grossen Vacuolen, die wohl auch noch, an den Wänden entlang, den homogenen Theil mehr oder weniger weit umfassen. Der Kern der Kanalzelle und derjenige des Eies haben sich jetzt mit körnigen Stoffen gefüllt; der Kern des letzteren tritt dann deutlich hervor. So fand ich die Eier meist auch bei nicht erfolgter Bestäubung, z. B. bei einer Ephedra campylopoda, von der wir nur die weibliche Pflanze in unserem Garten besitzen. Sie verharrten in diesem Zustande längere Zeit und gingen endlich zu Grunde. Zur Reifezeit des Eies sind die Zellen des Archegoniumhalses, so wie auch diejenigen, welche die Archegonien umgeben, stark desorganisirt.

Die Befruchtung wird vollzogen, indem der dünne, zarte, mit feinkörnigem Protoplasma erfüllte Pollenschlauch sich an die desorganisirten Zellen des Archegoniumhalses anlegt. Bis in das Innere des Archegoniums habe ich ihn nie vordringen sehen.

Der Inhalt des Pollenschlauches wird jedenfalls in das Protoplasma des Eies, so wie in den Zellkern desselben aufgenommen[2].

Frische Objecte sind für die Beobachtung aller dieser Entwicklungsvorgänge, namentlich auch derjenigen nach erfolgter Befruchtung höchst ungünstig, da sich dann alle Zellen um die Archegonien herum dicht mit undurchsichtigen Stärkekörnern füllen. In Alkohol erhärtetes Material leistet aber vorzügliche Dienste. Wie ich mich durch den sorgfältigsten Vergleich mit frischem Material überzeugen konnte, behalten die Eier der Ephedra, und wohl auch sämmtlicher Coniferen, bei solcher Ein-

---

1) Auf der Tafel kehren alle Eier ihr organisch oberes Ende nach unten.
2) Befr. u. Zellth. p. 50; Angiosp. u. Gymnosp. p. 140.

wirkung alle ihre Structureigenthümlichkeiten. Nun ist es aber ein Leichtes, die durch längeres Liegen in absolutem Alkohol hinlänglich erhärteten Eier auf dünnen Schnitten aus ihren Archegonien heraus zu präpariren. Jetzt kann man sie drehen und sonst wie nach Belieben behandeln. Manche Structureigenthümlichkeiten treten an so behandeltem Protoplasma überhaupt deutlicher als an frischem hervor.

Nach erfolgter Befruchtung theilt sich der „Keimkern“ und seine Descendenten wandern auseinander in die beiden Enden des Eies (Fig. 147). Hier pflegt sich die Theilung der Kerne zu wiederholen (Taf. VI, Fig. 148), und meist folgt ihr noch eine weitere Theilung. So sind in der Figur 149 acht Kerne zu sehen; zwischen dem mittleren Paare sogar noch die Zellplatte angedeutet. Hierauf folgt die Zellbildung um die Kerne. Dieselbe kann übrigens auch schon, wenn auch selten, auf die erste Zweitheilung folgen; öfters findet die Zellbildung um vier Kerne statt, am häufigsten aber erst nach Zweitheilung der vier Kerne. In manchen Fällen scheinen sich nicht alle vier Kerne getheilt zu haben, so dass man fünf, sechs oder sieben Anlagen findet; auch mehr denn acht konnte ich beobachten.

Mit Beginn der Zellbildung sieht man die Zellkerne sich mit Strahlen aus Protoplasma umgeben. Das Protoplasma ist am dichtesten um den Zellkern. An der Peripherie der Strahlen grenzt sich das Protoplasma der werdenden Zelle gegen die Umgebung ab (Taf. VI, Fig. 150) und bildet alsbald eine Cellulose-Membran an seiner Oberfläche (Fig. 152). Auf nächstfolgenden Zuständen sieht man, bei Contraction des protoplasmatischen Zellleibes, denselben von der Cellulose-Wand zurücktreten, diese aber in Verbindung mit dem, sie von aussen umgebenden Ei-Plasma bleiben (Fig. 152). Wie aus Fig. 151, Taf. VI, zu ersehen, ist jede der gebildeten Zellen frei gegen ihre Nachbarinnen. Man zählt in diesem Ei nur sechs Zellen, zwei sind durch den Schnitt entfernt worden.

Wie schon früher geschildert wurde, wächst jede dieser Zellen zu einer besonderen Keimanlage aus [1]).

Wie bei Ephedra sehen wir auch den Keimkern von Ginkgo biloba [2]) frei sich theilen. Doch beginnt diese Theilung erst einige

1) Angiosp. u. Gymnosp. p. 154.

2) Vgl. die früheren Auflagen dieses Buches und Angiosp. u. Gymnosp. p. 149.

Es folgt hierauf die Bildung der vier, zu einander parallel gestellten Kernspindeln, welche sich durch ihre Zartheit auszeichnen. Die Kernplatten bestehen aus einer Reihe kleiner Körner, die Spindelfasern aus ganz dünnen Fäden, die an den Polen zusammenstossen (Fig. 158). Die Spindeln sind schlank, bedeutend kleiner als die Kerne, aus denen sie hervorgingen; es liegt jede in einem hellen Raume, der ungefähr der Ausdehnung des ursprünglichen Zellkernes entspricht. Nach dem was wir über die Differenzirung der Kernspindeln aus den Kernen bereits wissen, kann es für uns einem Zweifel nicht unterliegen, dass auch hier alle geformten Substanztheile des Kerns, die Wandung desselben mit inbegriffen, auf die entstehende Spindel eingezogen und zur Kernplattenbildung verwendet wurden; ich nehme somit auch weiter an, dass der helle Raum, in dem jede Spindel liegt, nur von dem, zuvor im ruhenden Mutterkern so reichlich angesammelten Safte herrührt. Derartige Höfe um die Spindeln sind uns übrigens bisher im Pflanzenreiche anderswo nicht begegnet; in thierischen Zellen treten sie viel häufiger auf, was eben doch wohl durch den dort öfters vorkommenden grossen Saftreichthum der Kerne sich wird erklären lassen.

Entsprechend der Zartheit der Kernplatten sind auch die Schwesterkernanlagen sehr klein (Fig. 159). Auch die Verbindungsfäden werden sehr schwach zwischen denselben entwickelt (Fig. 159). Die Kernanlagen wachsen sehr rasch, wobei ihr Inhalt in zur Theilungsebene senkrechte Streife sich anordnet (Fig. 160). In den Verbindungsfäden ist alsbald die Zellplatte aufgetreten. Diese Fäden breiten sich seitlich aus, wobei ihre Zahl zunimmt; sie trennen sich von den Zellkernen die von körnigem Plasma dann umgeben erscheinen und bilden einen hell-durchscheinenden, biconvex-linsenförmigen Körper zwischen je zwei Kernen. Gleichzeitig werden auch zwischen den vier Schwesterpaaren, in gleicher Entfernung von denselben, senkrechte Zellplatten gebildet. Diese liegen annähernd in zwei sich rechtwinklich schneidenden Ebenen. Sie setzen einerseits an den organischen Scheitel des Eies an, enden andererseits blind in der Substanz desselben. Eine wenig ausgeprägte Streifung ist an den Orten wo sie auftauchen, zu bemerken. Auf diese senkrechten Zellplatten und die Seiten des Eies treffen die horizontalen, innerhalb eines jeden Kernpaares angelegten Zellplatten. Die Umwandlung aller dieser Zellplatten in Cellulose-Wände erfolgt gleichzeitig (Fig. 160). Die Cellulose-Wände verbinden sich organisch mit der Wand des

Monate nach der Befruchtung und wird längere Zeit fortgesetzt, so dass schliesslich eine grosse Zahl gleichmässig vertheilter Zellkerne frei das Ei erfüllen. Zwischen diesen Kernen bilden sich hierauf Verbindungsfäden und Scheidewände aus, so dass das ganze Ei auf einmal in einen vielzelligen Gewebekörper zerfällt[1]). Im Unterschied von Ephedra werden hier also die Zellen in viel grösserer Zahl erzeugt und berühren sich seitlich; es giebt somit jedes Ei nicht mehreren, sondern nur einer Keimanlage den Ursprung. Der Vorgang der Zellbildung stimmt hier mit demjenigen der freien Endospermbildung überein, nur dass, da ein Lumen in der Mutterzelle fehlt, sofort ein solider Gewebekörper und nicht eine Wandschicht von Zellen gebildet wird, somit die Plasmamassen der entstehenden Zellen sich nicht nur seitlich gegen einander, sondern nach allen drei Raumdimensionen durch Zellplatten abzugrenzen haben.

Das Protoplasma des Eies von Ginkgo ist sehr locker gebaut, es bildet polygonale, mit Zellsaft erfüllte Kammern. Im optischen Durchschnitte erscheint es daher als Netzwerk. Alle Körnchen liegen in und an den Wänden der Kammern.

Im Ei von Picea und Pinus-Arten (Taf. VI, Fig. 153) kommt es ausnahmsweise vor, dass der grosse, annähernd die Mitte des Eies einnehmende Zellkern, nach erfolgter Befruchtung, sich theilt, ohne seinen Platz zu verlassen. Seine beiden Descendenten wiederholen die Theilung und wir finden dann vier freie, im Protoplasma des Eies zerstreute Kerne[2]). Diese Ausnahmefälle erinnern durchaus an das Verhalten von Ephedra. Normaler Weise sehen wir aber den Keimkern sich bis in den organischen Scheitel des Eies hin bewegen (Fig. 154) und hier erst theilen (Fig. 155). Seine beiden Nachkommen wiederholen die Theilung und es liegen nunmehr in gleicher Ebene vier Kerne im Scheitel des Eies[3]). Um diese Kerne ist etwas dichteres Protoplasma angesammelt, dieses aber zeigt keinerlei scharfe Abgrenzung gegen das tiefer liegende Ei-Plasma.

Die vier Kerne nehmen bedeutend an Grösse zu und fallen nun durch ihre Substanzarmuth auf, so dass sie sich fast so wie Vacuolen im umgebenden Protoplasma präsentiren (Fig. 156a und b und 157).

---

1) Coniferen u. Gnetaceen Taf. XIII, Fig. 60.
2) Coniferen u. Gnetaceen Taf. VIII, Fig. 14—18.
3) Angiosp. u. Gymnosp. p. 147 u. Taf. XVII, Fig. 22—29.

In den Pollenschläuchen der Gymnospermen ist ebenfalls freie Zellbildung zu beobachten [1]).

Führt man zarte Längsschnitte durch den Nucellus der Samenknospen vom Juniperus virginiana, die auf verschiedenen Entwicklungszuständen mit absolutem Alkohol fixirt worden, so kann man unschwer die in Frage stehenden Erscheinungen verfolgen. Der Zellkern der grösseren Zelle des Pollenkerns wandert in den Pollenschlauch und hält sich nah an dessen Scheitel. Hier theilt er sich in zwei Schwesterkerne und um jeden dieser sammelt sich dichtes Protoplasma zu je einer, nur von Hautschicht umgrenzten Primordialzelle an. Fast der ganze protoplasmatische Inhalt des Pollenschlauches wird zur Bildung dieser Zellen verbraucht. (Taf. VI. Fig. 162). Die vom Pollenschlauch-Scheitel entferntere Zelle theilt sich nicht mehr, die demselben nähere führt hingegen noch weitere Theilungen aus. Letzere pflegen zu der Zeit, wo das Wachsthum des Pollenschlauches nach längerer Ruhe wieder beginnt, einzutreffen. Da drückt sich die erwähnte Zelle dem Schlauch-Scheitel dicht an und ihr Zellkern zerfällt in zwei (Fig. 163), die beiden häufig nochmals in je zwei Kerne. Die Plasmatheile um die neuen Kerne sondern sich aber nicht mehr scharf ab, man sieht vielmehr jeden der Kerne von dichterem Protoplasma, das keinen scharfen Contour zeigt, umgeben (Fig. 164). Hat die Pollenschlauch-Spitze die Archegonien erreicht, so vertheilen sich die von der vorderen Zelle stammenden Zellkerne über die Halstheile derselben (Fig. 165). Sie werden für die Befruchtung verbraucht, während die hintere, meist ungetheilt gebliebene, seltener einmal getheilte Zelle, auch nach vollzogener Befruchtung eine Zeit lang noch im Schlauche zu sehen ist.

Im Wesentlichen dieselben Vorgänge wie bei Juniperus spielen sich auch in den Pollenschläuchen anderer Gymnospermen ab [2]).

Auch kommt es bei den Angiospermen vor, dass sich der eine oder der andere der in dem Pollenschlauch eingetretenen Kerne nochmals theilt [3]), doch führt diese Kerntheilung in keinem Falle zur freien Zellbildung innerhalb des Schlauches.

Die Asci von Anaptychia ciliaris (L.) Kbr. führen zunächst einen einzigen Zellkern. Er liegt in dem oberen Theile

1) Beitr. u. Zellth. p. 17; Angiosp. u. Gymnosp. p. 140.
2) Beitr. u. Zellth. p. 17.
3) Vgl. Elfving, Jen. Zeitschr. Bd. XIII, 1879, p. 13 u. 22.

des sich zur Sporenbildung anschickenden, keulenförmigen Ascus. Der Ascus ist mit ziemlich gleich dichtem Protoplasma erfüllt, er besitzt eine dicke, quellungsfähige Wandung. Der Zellkern ist rund, in seinem oberen Theile besonders dicht und lichtbrechend, wie dies an Alkohol-Material leicht festzustellen ist. Der Ascus nimmt an Grösse zu; der primäre Zellkern theilt sich und bildet zwei neue, welche auseinanderrücken. An diesen wiederholt sich die Theilung, so dass vier Zellkerne im Protoplasma des Schlauches liegen, endlich verdoppeln sich auch diese nunmehr und wir haben acht gleichmässig im Ascus vertheilte freie Zellkerne [1]). Den aufeinanderfolgenden Theilungsschritten entsprechend, nehmen diese Kerne an Grösse ab. Die Differenzirungsvorgänge an den sich theilenden Kernen zu studiren ist hier nicht möglich, dieselben sind zu klein; doch findet man die Kerne paarweise zusammenhängend und auch nach vollzogener Trennung oft noch paarweise genähert.

Ist die volle Zahl der Kerne gebildet, so erfolgt die Zellbildung um dieselben: es entstehen die acht Sporen im Ascus. Auch bei diesem Vorgang ist das Nähere nicht festzustellen, doch anzunehmen, dass derselbe sich nicht wesentlich anders als die Keimzellen-Bildung im Ei von Ephedra abspielt. Die Sporen werden frei gegen einander angelegt, doch verbrauchen sie fast das ganze Protoplasma des oberen Schlauch-Endes bei ihrer Entstehung. Das wenige um die Sporen zurückgebliebene Protoplasma färbt sich jederzeit mit Jod braungelb. Die Sporen umgeben sich rasch von einer farblosen Cellulose-Membran, die alsbald an Dicke zunimmt. Ursprünglich solid, höhlen sich die Sporen bei eintretender Grössenzunahme aus. Ihr Kern, der unregelmässig, oft sternförmig gestaltet erscheint, wird wandständig. Hierauf theilen sich die Sporen der Quere nach in zwei gleiche Zellen. Die Kerne der beiden Zellen legen sich meist der neuen Wand an. Sehr schnell beginnen jetzt die Membranen der zweizelligen Sporen zu dunkeln, in Tönen, die sich zwischen grau und braun bewegen.

Uebereinstimmend mit Anaptychia ciliaris fand ich die Anlage der Sporen auch in den Ascis der Calicieae und Sphaerophoreae [2]). Wenn die Sporen hier auch meist aus dem Ascus nicht entlassen werden, sondern der Ascus in ihnen entsprechende

1) Bot. Zeitung 1879, Sp. 272.

2) Vergl. auch Tulasne Ann. d. sc. nat. 3me s. T. 18 p. 77, 78 und de Bary Handb. II, I. p. 285.

Stücke zerfällt, so entstehen sie trotzdem nicht durch Theilung seines Inhalts, vielmehr frei in demselben. Sie liegen hier stets in nur einer Längsreihe, verbrauchen gleich bei ihrer Entstehung fast den ganzen Inhalt des Schlauches und schmiegen sich endlich, noch grösser werdend, dicht aneinander und an dessen Wand an, diese letztere oft ausbuchtend, indem sie tonnenförmig werden. Doch auch ziemlich reife Sporen lassen sich noch hin und wieder aus dem Schlauche herausdrücken [1]), und wenn dessen Membran bald nicht mehr optisch nachweisbar ist, so liegt das nur an ihrer grossen Zartheit und den Lichtbrechungserscheinungen an den dunkelnden Sporen. Die Zweitheilung der Sporen bei Calycium trachelinum zeigte sich ganz der bei Anaptychia entsprechend.

Die Vorgänge bei Anlage der Sporen in den Ascis hatte de Bary bereits im Jahre 1863 ganz richtig geschildert [2]), wenn er auch, gemäss der damaligen Vorstellung über Kernvermehrung, annehmen musste, dass die alten Kerne vor Bildung der neuen jedesmal aufgelöst werden. Es scheint mir nicht unwichtig, hier die Zusammenfassung zu reproduciren, die de Bary von diesen seinen Untersuchungen später in der „Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten“ [3]) gegeben hat. Ich nehme sogar die de Bary'schen Figuren von Peziza confluens [4]) in meine Tafeln auf, weil dieselben ganz ausgezeichnet den Vorgang illustriren und die Kernpaare zum Theil sehr schön zeigen.

„Bei der überwiegenden Mehrzahl der Ascomyceten“, schreibt also de Bary, „werden in jedem Schlauche die Sporen simultan gebildet. Verfolgt man den Entwickelungsprocess genauer, so ist zunächst bei einer Anzahl von Pezizen (P. confluens P. [Fig. 166 bis 171, Taf. VI], P. pitya P.) der jugendliche Ascus mit feinkörnigem, einzelne Vacuolen umschliessendem Protoplasma erfüllt, in dessen Mitte, sobald der Schlauch etwa ein Drittel seiner definitiven Länge erreicht hat, ein Zellkern deutlich wird, in Form eines hellen, kugeligen Körpers, in welchem ein centraler, kleiner, stark lichtbrechender, runder Nucleolus liegt (Fig. 166). Mit dem ferneren Wachsthum des Schlauches rückt das Protoplasma in das o b e r e  E n d e desselben ein; in dem unteren bis Dreiviertel der ganzen Länge betragenden Theile des Schlauches bleibt nur mehr wässerige Flüssigkeit und ein dünner, die Wand über-

1) Vergl. auch Tulasne l. c. p. 79.
2) Ueber die Fruchtentwicklung der Ascomyceten p. 34.
3) p. 102.
4) Ascomyceten Taf. II, Fig. 7—12 reproducirt in der Morphologie p. 103.

ziehender Protoplasmabeleg oder Primordialschlauch (Fig. 167). Hat der Ascus sein Längenwachsthum vollendet, so wird der Anfang der Sporenbildung dadurch angezeigt, dass an Stelle des ursprünglichen Zellkernes zwei kleinere auftreten (Fig. 168). In einem ferneren Stadium findet man 4 (Fig. 166), dann 8 Kerne (Fig. 169), immer von der gleichen Structur, aber um so kleiner, je höher ihre Zahl ist. Die 8 Kerne letzter Ordnung gruppiren sich in ziemlich gleicher Entfernung von einander; endlich ist jeder derselben von einer runden Protoplasmaportion umgeben (Fig. 170), welche von dem übrigen durch grössere Durchsichtigkeit ausgezeichnet und durch eine sehr zarte Linie abgegrenzt ist. Diese Protoplasmaportionen sind die Anfänge der Sporen, sie entstehen alle gleichzeitig, erhalten bald feste Membranen und wachsen im Inneren des Ascus etwa auf's Doppelte ihrer ursprünglichen Grösse heran (Fig. 171). Das Protoplasma, welches sie zuerst umgiebt, verschwindet während ihres Heranwachsens bei Pez. pitya rasch; es wird hier immer gleich dem in den Sporen enthaltenen durch Jod gelb gefärbt. Bei P. confluens zeigt das Protoplasma des Ascus vor der Sporenbildung die gleiche Jodreaction und das nämliche gilt jederzeit von dem in den Sporen. Dagegen nimmt nach Entstehung letzterer das Protoplasma die Eigenschaften einer Substanz an, für welche ich den Namen Epiplasma vorgeschlagen habe und welche sich von dem gewöhnlichen Protoplasma durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen, eigenthümlich homogen-glänzendes Aussehen und besonders durch die rothbraune oder violettbraune Farbe auszeichnet, welche sie bei Einwirkung selbst sehr verdünnter Jodlösung annimmt. Bei einer Anzahl anderer, mit grossen Ascis versehener Arten (Peziza convexula, Acetabulum, melaena, Helvella esculenta, elastica, Morchella esculenta) tritt schon von der Sporenbildung eine Sonderung des zuerst gleichförmigen Schlauchinhalts in Protoplasma und Epiplasma ein. Jenes sammelt sich zu einer in der Mitte des Schlauches liegenden Querzone (Pez. convexula) oder, in den meisten Fällen, zu einer das obere Drittel oder Viertel des Ascus füllenden Masse an; der übrige, zumal der untere Raum enthält nur Epiplasma, welches meist von zahlreichen Vacuolen verschiedener Grösse und Anordnung durchbrochen ist. Manchmal (Morchella, Pez. Acetabulum) wird auch das obere Ende des Ascus, über dem Protoplasma, von einer Epiplasmaschichte eingenommen, jenes füllt gleichsam eine scharfumschriebene Höhlung in der Epiplasmamasse aus. Der Zellkern liegt immer in dem Protoplasma, central

oder etwas excentrisch, die Sporenbildung findet gleichfalls in diesem Theile statt und zwar jedenfalls im Wesentlichen auf die oben beschriebene Weise."

Anders lautende Angaben, welche das simultane Auftreten der acht Kerne, oder das Fehlen derselben bei der Sporenbildung behaupten, werden jedenfalls nochmals zu prüfen sein. Eine Uebereinstimmung mit den geschilderten Vorgängen ist wohl zu erwarten.

So ist auch anzunehmen, dass in den Ascis die weniger als acht, oder mehr, bis fünfzig Sporen und darüber enthalten, diese ebenfalls um eben so viele, durch fortgesetzte Zweitheilung zuvor vermehrte Zellkerne sich bilden.

In diesem Sinne spricht Schmitz neuerdings [1]) die Ansicht aus, dass in allen Fällen die Bildung der Ascosporen in den Ascis der Ascomyceten in der Art erfolgt, dass der primäre Zellkern des Ascus sich wiederholt theilt und dann um die Tochterkerne der letzten Zweitheilung die Abgrenzung der Sporen stattfindet. Schmitz verfolgte die Bildung der Ascosporen bei mehreren Arten aus den Gattungen Peziza, Morchella, Ascobolus, Chaetomium. In den am genauesten untersuchten Fällen fand er einen Zellkern deutlich in den kleinen Zellen der ascogenen Hyphen im subhymenialen Gewebe, noch bevor diese Zellen unter seitlicher Ausstülpung zu Ascis heranwuchsen. Dieser Zellkern nahm in den heranwachsenden Ascis allmälig an Grösse zu und vermehrte sich dann durch Zweitheilung in der schon beschriebenen Weise. Zuletzt erfolgte um die Zellkerne letzter Generation die Abgrenzung der Sporen. — Schmitz hebt hervor, dass die Zellkerne oft nur schwer sichtbar zu machen sind, selbst bei Färbung mit Haematoxylin, und zwar wegen der dichten Beschaffenheit des Plasma.

In den Ascis von Tuber sondert sich, nach de Bary [2]), der Inhalt zunächst in eine excentrisch gelegene, mit Jod sich gelb färbende Protoplasmakugel und in ein diese umschliessendes, wandständiges, mit Jod braunroth werdendes Epiplasma. In der Protoplasmakugel erfolgt die Bildung der Sporen. Es treten in derselben ein bis drei $^1/_{300}$—$^1/_{150}$ Mm. grosse, runde Zellchen auf, welche überaus zart umschrieben und von dem umgebenden

1) Szbr. der niederrh. Gesell. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn. Sitzung am 4. August 1879. Separat-Abdruck p. 20.

2) l. c. p. 106.

selnd, überstieg meist aber 8; die definitive Grösse der reifen Sporen war ebenfalls ziemlichen Schwankungen unterworfen.

Die von Schmitz beschriebene[1]) Halosphaera viridis ist eine Kugel bis 0,55, selbst 0,62 Mm. Durchmesser, welche eine dicke Membran und einen dünnen, protoplasmatischen Wandbeleg aufzuweisen hat. Diesem Wandbeleg sind zahlreiche, sehr kleine, blasgrün gefärbte Chlorophyllkörner, glänzende Körnchen und Amylumkörner eingebettet. Ausserdem findet man in demselben auch noch einen einzigen kugeligen Zellkern mit deutlichem Kernkörperchen. Auf der Aussenseite des Zellkernes findet sich nur körnchenfreies, farbloses Protoplasma, so dass die Stelle, an der er liegt, sich äusserlich schon als heller runder Fleck kennzeichnet. Das Innere der Kugel ist von farblosem Zellsaft erfüllt.

Die Zoosporenbildung wird durch Theilung des Kerns eingeleitet, der hierbei in die gewohnten Differenzirungen eingehen soll. Die Theilungen der Tochterkerne wiederholen sich fort und fort. Jeder Kern wird aber als helle Lücke in der Chlorophyllschicht des Wandbelegs bemerkbar. Diese Lücken nehmen während der Kerntheilung eine längliche Gestalt an und theilen sich, während die beiden Schwesterkerne auseinanderrücken, in zwei neue kreisförmige Lücken. Die Kerne theilen sich nicht gleichzeitig. Ihre Zahl kann schliesslich auf 200 bis 300 steigen, wobei auch die Grösse der Kugel bedeutend zugenommen und auch die Masse der Chlorophyllkörner im Wandplasma beträchtlich gewachsen ist. Die Zellkerne erscheinen aber stets gleichmässig an der Wand der Kugel vertheilt.

Ist die definitive Zahl der Zellkerne erreicht worden, so beginnen die Chlorophyllkörner sich um dieselben, von den Seiten und von innen her, zusammenzudrängen. Das farblose Plasma folgt den Chlorophyllkörnern und so entstehen an den Orten, wo die Zellkerne liegen, in das Lumen der Zelle vorspringende, dicke Ballen. Von aussen betrachtet zeigt die Zelle jetzt zahlreiche, kleine, runde, helle Punkte, die Zellkerne, umgeben von schmalen, dunkelgrünen Ringen. Diese Ringe sind seitlich durch farblose Zwischenräume getrennt, die nur von einer dünnen Schicht farblosen Protoplasmas eingenommen werden. Dieses farblose Plasma strömt schliesslich auch den neuen Bildungsherden zu, der Plasmabeleg wird noch dünner, hier und da treten in demselben Löcher auf, diese werden grösser und zahlreicher, bis dass die dünnen

1) Mittheilungen aus der Zoolog. Station zu Neapel 1878, Bd. I, p. 67.

Plasmastränge schliesslich zerreissen und auf die Bildungscentren völlig eingezogen werden. Von Epiplasma oder einem transitorischen Fachwerk von Scheidewänden ist bei diesem Vorgang nichts zu bemerken.

Wenn die Mutterzellen sehr klein sind, findet man die einzelnen Tochterzellen oft nur durch etwas schmale Zwischenräume von einander getrennt, ja bisweilen sollen diese Tochterzellen einander so genähert sein, dass sie sich gegenseitig abplatten und fast regelmässig sechseckig werden.

Jede Tochterzelle hat die Gestalt eines flach gewölbten Plasmaballens, der Ballen ist nackend, nahe der äussern Oberfläche derselben liegt der Zellkern; das Chlorophyll ist um denselben besonders angehäuft.

Hierauf platzt, sich gleichzeitig contrahirend, eine äussere Schicht der Zellhaut, die befreite innere Schicht dehnt sich nicht unbeträchtlich aus. Zunächst scharf doppelt contourirt, beginnt sie alsbald im umgebenden Wasser zu quellen und wird schliesslich zu dünnflüssigem Schleim aufgelöst.

Aus den befreiten nackten Zellen gehen die Zoosporen hervor und zwar, für gewöhnlich, aus einer Zelle, durch einmalige Theilung, zwei Schwärmer.

Ein schönes Beispiel für freie Zellbildung in weiterem Sinne liefert uns die Schwärmsporenbildung in den Sporangien der Saprolegnien.

Das durch eine Querwand abgegrenzte Sporangium erscheint entweder vollständig von Protoplasma erfüllt, oder es führt ein enges Lumen. In dem Protoplasma lassen sich, wie Schmitz gezeigt hat, zahlreiche kleine Zellkerne nachweisen (Taf. XIII, Fig. 1—4). Ueber deren Natur und Vermehrung soll später berichtet werden. Das Protoplasma des Sporangium nimmt allmälig eine netzförmige Structur an, dann beginnt alsbald eine Sonderung in so viel annähernd gleiche Portionen als Schwärmer erzeugt werden sollen. Diese Sonderung geht im ganzen Sporangium fast gleichzeitig vor sich. Die Grenzen der Portionen werden aber durch Ansammlungen dunkler, stark lichtbrechender Kügelchen bezeichnet[1]). Es sind das dieselben Kügelchen die im Protoplasma des Sporangium zuvor gleichmässig vertheilt waren. Die

1) Vergl. auch das Bild in Sachs' Lehrbuch IV. Aufl. p 13; die Figuren 1 u. 2 bei de Bary, Bot. Zeitung 1852, Taf. VII; dann die Figuren bei Thuret, Ann. d. sc. nat. Bot. 3me S. T. 14, Taf. 22.

dunklen Grenzschichten sind sehr unregelmässig entwickelt, von ungleich grossen Kügelchen gebildet. Sie haben hier jedenfalls die Bedeutung von Zellplatten. Rasch sieht man nun die Zellen sich von einander durch schmale, von farbloser Substanz erfüllte Spaltungsflächen trennen. Die Spaltung erfolgt nicht an allen Punkten des Umfangs der Zelle gleichzeitig. Augenscheinlich wird zur Bildung der farblosen Zwischensubstanz ein Theil der Substanz der Zellplatten verbraucht. Man sieht dieselben unter seinen Augen schwinden. Das ganze Sporangium wird in Folge dessen etwas durchsichtiger. Die farblosen Trennungsschichten sind zunächst sehr schmal, nehmen aber alsbald an Breite zu. In denjenigen Sporangien die einen relativ nur schwachen Wandbeleg führen und deren Schwärmer in nur einer Schicht an der Wand entstehen, springen die einzelnen Schwärmer in das Lumen vor [1]). Ich habe sogar Fälle beobachtet, wo bei sehr geringem Inhalte des Sporangium, die Schwärmer, ganz so wie die Eier der nämlichen Pflanzen, in messbaren Entfernungen von einander sich bildeten. Das Protoplasma zieht sich dann auf die Concentrationspunkte zurück, die alsbald nur noch durch schwache Protoplasmanetze verbunden erscheinen, auch diese werden schliesslich eingezogen. In diesem Falle werden deutliche Zellplatten nicht gebildet, die Zwischensubstanz nichts destoweniger zwischen den werdenden Zellen aus zerstreuten Elementen erzeugt. In einem Falle konnte ich das recht schön constatiren. Da quollen plötzlich die in messbaren Entfernungen von einander angelegten Schwärmer rasch auf, bis zur gegenseitigen Berührung; sie platteten sich sogar gegen einander ab und wurden polygonal, blieben aber durch helle Substanzstreifen von einander getrennt ganz so als wären sie in seitlicher Berührung entstanden.

Auch die in gefüllten Sporangien entstandenen Schwärmer runden sich nach erfolgter Trennung gegen einander ab. Es beginnt die bekannte Bewegung der Sporen gegen einander, der bald ihr Ausschwärmen folgt. Dieses wird ermöglicht durch das Quellen der Membran an der Spitze des Sporangium. Die quellende Stelle wird in umgebendem Wasser schliesslich ganz gelöst, einzelne Schwärmer übrigens früher schon durch die quellende Schicht durchgepresst. Eine sonst noch quellende, innere Membranschicht am Sporangium ist hier nicht nachzuweisen.

---

1) Vergl. auch Pringsheim, Die Entwickelungsgeschichte der Achlya prolifera 1851. Nova Acta Bd. XXIII. p. 402. Taf. 46, Fig. 7 u. 9; Braun, Verjüngung p. 286 u. ff.

An Sporangien die unter Deckglas, also jedenfalls unter erschwerten Verhältnissen sich zu entwickeln haben, beobachtet man öfters, dass die Anlage der Sporen die bereits zur Abgrenzung durch körnige Zellplatten gediehen war, plötzlich wieder rückgängig wird. Gleichmässig vertheiltes Protoplasma erfüllt wieder das Sporangium, doch schon nach kurzer Zeit und nun meist auffallend schnell, wird die fortschreitende Entwickelung wieder aufgenommen. In Sporangien die ich in feuchten Kammern frei im Tropfen an der Innenseite des Deckglases schwebend beobachtete, war die Sonderung des Inhalts stets mit dem ersten Male definitiv vollzogen.

Bei Zuhilfenahme färbender Mittel ist festzustellen, dass in dem abgegrenzten Sporangium (Taf. XIII, Fig. 4) die Zahl der Zellkerne sich zunächst noch durch Zweitheilung vermehrt. Ist die volle Zahl der Zellkerne aber erreicht, so vertheilen sie sich regelmässig im Protoplasma und es beginnt die Zellbildung um dieselben. In der Mitte einer jeden der polygonalen Zellen liegt ein kleiner Zellkern (Fig. 5). Derselbe ist auch noch in centraler oder nur wenig verschobener Stellung nachzuweisen, wenn sich die Zellen eben von einander zu trennen beginnen (Fig. 6). Eine radienförmige Anordnung des Protoplasma um die einzelnen Zellkerne ist nicht zu erkennen.

Das über die Zellkerne hier mitgetheilte stimmt durchaus zu den Angaben, welche Schmitz in dem Bericht über die „Resultate seiner Untersuchungen über die Zellkerne der Thallophyten“ neuerdings machte [1]. Ich wurde auch erst durch die Schmitz'schen Angaben veranlasst meine Untersuchungen in dieser Richtung wieder aufzunehmen.

Ich habe vorhin die Schichten dunkler Kügelchen, welche die einzelnen Zellanlagen gegen einander abgrenzen, als Zellplatten bezeichnet und zu zeigen gesucht, dass aus ihnen eine Zwischensubstanz hervorgeht, welche die gegenseitige Trennung der Zellen ermöglicht. Die Zellplatten hier würden somit in ihrem Verhalten den Zellplatten bei freier Anlage den Endospermzellen entsprechen. Doch erhärtet dort die an den Zellplatten gebildete Substanz zur festen Membran, während sie hier quillt, jedenfalls die Entleerung der Sporen veranlasst und sich in dem eintretenden Wasser schliesslich vertheilt. Auch bei freier Endospermbildung fanden wir übrigens die jungen Scheidewände sehr quellbar, so dass der Unter-

1) Szbr. der niederrh. Gesell. 4. Aug. 1879. Separat-Abzug p. 14.

schied zwischen hier und dort sich erst auf späteren Zuständen markirt.

In diesem Vergleich werde ich durch den Umstand gestützt, dass viele Arten der Saprolegnien, wie das Pringsheim gezeigt hat [1]), befähigt sind, ausser den gewöhnlichen Sporangien auch Zellnetzsporangien zu bilden. Bei letzteren werden an Stelle der Zwischensubstanz feste Cellulose-Membranen gebildet und dann ist die Uebereinstimmung mit freier Endospermbildung vollständig. Die Cellulosewände setzen, wo sie die alte Mutterzellwand erreichen, an dieselbe an. Der protoplasmatische Inhalt eines jeden Faches wird später frei, indem er seitlich die Sporangiumwand durchbricht [2]).

Die entleerten eiförmigen Schwärmer [3]) besitzen zwei Cilien an ihrem vorderen Ende und zeigen alsbald deutlich ein centrales rosa Bläschen. Nach Auftreten derselben wird der Zellkern aus seiner centralen Lage, wie Färbungsmittel zeigen, ein wenig verschoben. Auch zur Ruhe gekommene (Fig. 7) und in Keimung begriffene (Fig. 8) Sporen zeigen den Zellkern deutlich und zwar nunmehr in ausgeprägt excentrischer Lage. Auf spätern Keimungsstadien findet man schon mehrere Zellkerne [4]).

Interessant ist die Abweichung in der Schwärmsporenbildung bei der Saprolegniee Aphanomyces stellatus. Die bevorstehende Zoosporenbildung wird nach de Bary [5]) dadurch angezeigt, dass das körnige Protoplasma des langen cylindrischen Zoosporangium sich in Querzonen von abwechselnd ungleicher Höhe und Dichtigkeit sondert. „Die Hauptmasse desselben sammelt sich nämlich in Gürteln an, welche etwa 3—4 Mal so hoch als der Durchmesser des Schlauches und durch kürzere Querzonen getrennt sind, in welchen dem hyalinen, die Membran auskleidenden Primordialschlauche nur spärliche Körnchen anhaften.“ — „In den dichteren, dunkleren Querzonen ist das übrigens stets wandständige Plasma zunächst nicht gleichförmig vertheilt, sondern in unregelmässigen, länglichen, in ihrer Mitte dickeren Streifchen angesammelt, welche durch schmale, helle Längsfurchen getrennt sind.“ „Die getrenn-

1) Vergl. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IX, p. 222.

2) Vergl. Leitgeb. Jahrb. für wiss. Bot. Bd. VII, p. 359 und Pringsheim, Jahrb. für wiss. Bot. Bd. II, p. 214 und Bd. IX, p. 222.

3) Thuret l. c. Fig. 6.

4) So auch Schmitz l. c. p. 14.

5) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. II, p. 170.

wenn das Oogonium so viel Inhalt führt, dass die Eier in seitlicher Berührung und unter sonst gleichen Erscheinungen, wie die Schwärmsporen derselben Pflanze entstehen. Erst nach erfolgter Befruchtung, in Eiern, die bereits von einer zarten Membran umgeben sind, sieht man die Zellkerne nach der Mitte der Oospore rücken, hier in Berührung treten und verschmelzen. Es lassen sich oft zunächst partielle Verschmelzungen feststellen, so dass die Oosporen nur einige wenige, entsprechend grössere Kerne führen, schliesslich ist aber stets nur ein einziger relativ grösster Kern vorhanden der die Mitte der jungen Oospore einnimmt und mehr oder weniger sternförmig gestaltet erscheint. Es lässt sich jetzt sehr leicht mit Hämatoxylin nachweisen. Dieser Kern wird von Vacuolen umgeben, die alsbald mit einander verschmelzen und das centrale oder auch etwas excentrische Lumen der Oosporen bilden. Dieses Lumen drängt den nunmehr scheibenförmig gewordenen Kern in eine excentrische Lage. Das Lumen in der Oospore, das „rosa Bläschen", tritt somit erst nach der Befruchtung auf; während ihrer Bildung haben die Eier ein solches Lumen nicht aufzuweisen; sie bestehen aus gleichmässig körnigem Plasma, während gleichzeitig das restirende auf die Concentrationstellen noch nicht eingezogene Plasma eine netzförmige Structur zeigt.

Bei Aphanomyces laevis hat Schmitz bereits den einzigen Kern in der Oospore nachgewiesen und dessen Entstehung aus zahlreichen Kernen war ihm wahrscheinlich. Wir kommen auf diesen Fall später zu sprechen.

Bei Anlage des Sporangiums von M u c o r  M u c e d o[1]) sehen wir die Spitze des Fruchtastes kugelig anschwellen. Diese Anschwellung nimmt zu, indem gleichzeitig immer grössere Massen Protoplasma in dieselbe einwandern. Das Protoplasma der Schläuche wie der Sporangium-Anlage zeigt sehr leicht bei entsprechender Behandlung die zahlreichen kleinen Zellkerne. Schliesslich wird das mit Plasma angefüllte Köpfchen durch eine Scheidewand vom Stiele getrennt. Die Grösse, welche das Köpfchen zuvor erreicht hat, kann sehr verschieden sein. Die Scheidewand wölbt sich von Anfang an sehr bedeutend gegen das Innere des Köpfchens vor[2]). Sämmtliches Protoplasma des Sporangium wird zur Bildung der Sporen verwendet, deren Anlage sich ganz so wie bei Saprolegnien vollzieht. Die einzelnen Abschnitte sind polygonal,

1) Vgl. Brefeld, Schimmelpilz Heft I, 1872, p. 12.
2) Vgl. Brefeld l. c. p. 12.

sie werden durch helle Streifen von einander getrennt, worauf sich jede Zelle rasch noch von einer besonderen Cellulose-Membran umgiebt.

„Die Sporen,“ sagt Brefeld [1]) „berühren sich nicht gegenseitig, sondern sind vom Anfange ihrer Entstehung an von einer Demarkationssubstanz getrennt, die später bei Entleerung des Sporangiums eine Rolle zu spielen bestimmt ist.“ „Versucht man die Sporen zu trennen, so gewahrt man bald, dass sie von einer nicht sichtbaren, klebrigen und zähen Substanz [2]) zusammengehalten werden, mittelst der sie an der berührenden Nadelspitze ankleben und bei deren Entfernung in ganzer Masse in Gestalt eines langen Fadens nachgezogen werden, der am Ende elastisch, wie ein gezogener Kautschuckfaden zu einem Tropfen zusammenschnellt [3]).“ In Wasser quillt diese Substanz augenblicklich sehr stark und treibt die Sporen auseinander. Brefeld ist der Meinung, die Demarkationssubstanz sei nicht ein Ausscheidungs-Product der Sporen, sie werde zugleich mit demselben aus dem Gesammtprotoplasma der Sporangien angelegt [4]). Erinnern wir uns an das bei Saprolegnien Gesagte, so müssen wir, bei sonstiger Uebereinstimmung der Vorgänge hier und dort, schliessen, dass auch die Zwischensubstanz in den Sporangien von Mucor Mucedo aus Zellplatten hervorgeht und die Bedeutung stark quellender Scheidewände hat. Dass sie mit Chlorzinkjod [5]) nicht blau gefärbt wird, darf uns nicht wundern, da ja auch die nachweislich zu festen Zellmembranen erhärtenden Trennungschichten im Endosperm eben so wenig diese Reaction zeigen. Die Membranbildung um jede der Sporen liesse sich aber etwa der Membranbildung um Sporen und Zellenkörner innerhalb der aufquellenden Specialmutterzellwände vergleichen. Auch die Schwärmsporen der Saprolegniacee Achlya treten, durch die sich hier jedenfalls nicht lösende Zwischensubstanz zusammengehalten, aus dem Sporangium hervor, bilden an dessen Oeffnung ein kugeliges Köpfchen und umgeben sich jede mit einer eigenen Membran. Dann „häuten“ sie sich, in dem

---

1) l. c. p. 13.

2) Diese Substanz schon früher erwähnt von Zimmermann (das Genus Mucor 1871, p. 25) und von J. B. Carnoy (Recherches anatom. et phys. sur les champignons, premier mémoire, Mucorinées 1870, S. 35).

3) l. c. p. 14, 15.

4) l. c. p. 16.

5) Brefeld l. c. p. 16.

sie ihre Hüllen durch kleine Oeffnungen verlassen und diese Hüllen nun, ein zartes Netzwerk bildend, hier zurückbleiben.

Die Aussenwand des Sporangiums von Mucor Mucedo wird bei der Reife in eine im Wasser lösliche Substanz verwandelt. Nach mehrstündiger Reife in feuchter Luft ist von ihr nichts mehr zu finden, und das Sporangium nur noch von einer stacheligen, brüchigen, unorganischen Membran umgeben, die keinerlei Hinderniss der Entleerung der Sporen entgegengesetzt und bei der Berührung in zahlreiche Trümmer zerfällt[1]).

Die Zellkerne innerhalb der fertigen Sporen sind, der starken Lichtbrechung des Sporeninhalts wegen, nur sehr schwer nachzuweisen.

Die Entstehung der Schwärmsporen bei Hydrodictyon, wie sie uns von Alexander Braun[2]) und F. Cohn[3]) geschildert werden, stimmt jedenfalls mit den eben beschriebenen Vorgängen überein. Der Wandbeleg aus Protoplasma der Zellen von Hydrodictyon verliert zunächst sein frisches durchsichtiges Grün; seine Stärkekörner werden aufgelöst; er erhält ein trübes Aussehen und erscheint bald von helleren Flecken regelmässig durchsetzt. Kleine Chlorophyllkörner häufen sich als Grenzlinien zwischen den hellen Flecken an. Dann ziehen sich diese Chlorophyllkörnchen nach den hellen Räumen zurück und an ihrer Stelle wird ein Netz farbloser Grenzlinien sichtbar. So erscheint der protoplasmatische Wandbeleg in eine grosse Zahl ziemlich gleich voluminöser, meist sechseckiger Täfelchen zerlegt. Diese Täfelchen beginnen sich abzurunden, wobei sie sich zunächst an den Ecken von einander trennen. Sie werden linsenförmig, endlich kugelrund und völlig frei. Sie bewegen sich dann seitlich gegen einander, doch ohne wesentlich von ihrem ursprünglichen Platze zu weichen. Haben wir die grösseren Sporen, die zur Netzbildung bestimmt sind, vor uns, so sehen wir sie, nach erfolgter Ruhe und beginnender Grössenzunahme, sich seitlich zu einem Netz vereinigen. Diese Vereinigung scheint mit dem Beginn der Ausscheidung eigener Cellulose-Häute um die Sporen zusammenzufallen. Haben wir die zum Ausschwärmen bestimmten kleineren Sporen vor uns, so sehen wir dieselben sich alsbald durch das Lumen der Mutterzelle zerstreuen und durch vorgebildete Löcher

1) Brefeld l. c. p. 15 u. 17.
2) Verjüngung 1851, p. 279 u. ff.
3) Nova Acta Ac. L. C. Bd. XVI, 1854, p. 217.

in das umgebende Wasser treten. Dies letztere habe ich hier übrigens nur ergänzend hinzugefügt und bitte ich die Details bei Braun, Cohn und Pringsheim nachzulesen [1]).

Mit Zuhilfenahme von Haematoxylin, bei Alkohol-Präparaten, habe ich mich überzeugen können, dass die Zellen von Hydrodictyon zahlreiche kleine Zellkerne im Wandbeleg an der Innenseite der Chlorophyllschicht führen. Die Zellkerne sind relativ leicht sichtbar zu machen. Man findet sie sehr regelmässig in der Zelle vertheilt und entspricht im Allgemeinen je ein Zellkern einem Amylumkerne, in dessen Nähe er sich auch mehr oder weniger hält. Diese Zellkerne sind abgeflacht kegelich, von dichter Substanz gebildet, und daher sich sehr dunkel färbend, von annähernd 0,0023 Mm. Durchmesser, kaum halb so gross als die angrenzenden Amylumkerne. Ich konnte bis jetzt nicht die Schwärmsporenbildung bei dieser Pflanze verfolgen, doch ist nach Auffinden der Zellkerne in den Zellen nicht zu bezweifeln, dass auch hier diese Zellkerne sich vor Beginn der Sporenbildung vermehren und die Sporen um je einen Zellkern bilden.

Die verschiedenen Arten von Bryopsis, im Mittelmeer und in der Adria so verbreitet, sind ausgezeichnet durch einen ziemlich starken Wandbeleg aus farblosem, feinkörnigem Protoplasma, dem die grossen, länglich-spindelförmigen, mit meist einem Amylonkern versehenen Chlorophyllkörper nach Innen anliegen. Das farblose Protoplasma ist namentlich an den Zweigenden stark angesammelt. Dem farblosen Wandbeleg liegen zahlreiche kleine, fast spindelförmige Zellkerne an.

Die Zoosporenbildung bei Bryopsis ist seit Jac. Agardh (1836) [2]) bekannt, später von Derbès und Solier [3]) so wie von Thuret [4]) beschrieben und abgebildet worden. Nur die grossen Schwärmer waren aber den genannten Forschern bekannt und erst kürzlich [5]) wurden von Pringsheim auch die kleinen Schwärmer dieser Algen entdeckt. Pringsheim gab ausserdem ausführliche Angaben über die Entwicklungsgeschichte beider Schwärmer-Arten. Es geht nach Pringsheim der Bildung der grossen Schwärmer die Auflösung der Chlorophyllkörper voraus. Diese Körper verlieren Gestalt und Structur, runden sich ab, werden

1) Pringsheim. Monatsber. d. k. Akad. d. Wiss zu Berlin, Dec. 1860.

2) Ann. de sc. nat. Bot. II. Sér. T. XVI, p. 200.

3) Suppl. aux Comptes rendus des séances de l'Acad. d. sc. Paris, T. I.

4) Ann. de sc. nat. Bot. III. Sér. T. XIV. 1850, p. 217 u. Taf. 16.

5) Monatsber. d. k. Akad. d. Wiss. Berlin, Mai 1871.

immer kleiner und schliesslich bildet der gesammte körnige Inhalt der Zelle ein gleichmässiges, feinkörniges Protoplasma, welches je nach seinem Reichthum einen vollständigen dicken Wandbeleg, oder ein mehr oder weniger durchbrochenes Netz bildet. Dieser Wandbeleg zerfällt in der für Hydrodictyon bekannten Weise in polyedrische Täfelchen, die sich schliesslich zu Schwärmsporen gestalten. Andre Pflänzchen bilden die kleinen Schwärmer, ihre Entwicklung ist die nämliche wie der grossen, nur mit einer Farbenveränderung des Inhalts in orange-gelb bis orange-roth verbunden. Ausserdem sollen die an dem Wandplasma entstandenen polygonalen Täfelchen weiter in eine grössere Zahl kleinerer Schwärmer zerfallen.

Diesen Angaben kann ich noch weitere Einzelheiten hinzufügen. Ich untersuchte vornehmlich zu Bryopsis hypnoides und plumosa gehörige Formen. Die Beobachtungen wurden Anfang März in Antibes angestellt.

Die Zoosporenbildung wird durch fortgesetzten Zerfall der Chlorophyllkörper eingeleitet. Dieselben nehmen dem entsprechend an Grösse ab und die Stärkeeinschlüsse werden schliesslich durch schmale lineale Körnchen repräsentirt. Die Descendenten der einzelnen Chlorophyllkörper bilden zunächst perlschnurförmige Reihen. Bald macht sich eine Tendenz zu netzförmiger Anordnung im ganzen Wandplasma geltend. Dieselbe tritt besonders dort hervor, wo die Zellen inhaltsarm sind; in sehr inhaltsreichen Schläuchen bleibt der Wandbeleg geschlossen, oder er erscheint nur im oberen Theile des Zweiges geschlossen, während der untere Lücken zeigt. In sehr inhaltsarmen Zweigen sind die Lücken im Wandbeleg sehr weit, einzelne Theile desselben können sogar vollständig von einander getrennt erscheinen. Während sich, wie dies meist der Fall, aus dem zusammenhängenden Wandbeleg das Netz ausbildet, dauert der Zerfall der Chlorophyllkörper fort und ist mit einer Farbenänderung derselben verbunden. Sollen die grossen Schwärmer erzeugt werden, so wird die Färbung der Körner allmälig olivengrün; sollen die von Pringsheim entdeckten kleinen Schwärmer erzeugt werden, so nehmen die Körner langsam gelbliche Töne an. Im letzteren Falle pflegt der Zellsaft sich auch mehr oder weniger ausgeprägt rosa zu färben.

Die Bildung der Schwärmer beginnt in den untersten Zweigen eines Sprosses und schreitet von hier aus nach oben fort. Manchmal werden bei reich verzweigten Formen auch zwei Generationen

von Zweigen in die Schwärmerbildung hineingezogen, ein Ast mit sammt den Zweigen die er trägt[1]). Die Schwärmer bildenden Zweige sind gegen den Tragast abgeschlossen; nur in seltenen Fällen werden Schwärmer in Auszweigungen gebildet, die sich noch nicht gegen ihren Tragast abgegrenzt haben und dann erstreckt sich die Schwärmerbildung auch auf diesen Tragast.

Man kann ziemlich sicher bei Pflanzen, die im zeitigen Frühjahr gesammelt werden, darauf rechnen, dass man am nächsten Tage nach dem Einsammeln vorbereitende Stadien der Schwärmerbildung antreffen wird, mit Tagesanbruch des nächstfolgenden Tages werden dann die Schwärmer entleert. Nicht selten findet es sich übrigens, dass derartige im Zimmer gehaltene Pflanzen es zwar bis zur normalen Ausbildung der Schwärmer, nicht aber zu deren Entleerung bringen; man findet dann die Schwärmer in Bewegung innerhalb ihrer Mutterzellen.

Die Pflänzchen bilden entweder nur die grossen oder nur die kleinen Schwärmer; nur ganz ausnahmsweise traf ich beiderlei Schwärmer auf derselben Pflanze. Die kleine Schwärmer erzeugenden Pflanzen fand ich im Allgemeinen inhaltsärmer, blasser als die grosse Schwärmer bildenden. Ist die Schwärmerbildung eingeleitet, so sind beiderlei Arten von Pflänzchen leicht mit dem blossen Auge zu unterscheiden; die Zweige, welche grosse Schwärmer geben werden, sind jetzt auffallend dunkelgrün, diejenigen, welche die kleinen bilden werden, röthlichgelb.

Sollen kleine Schwärmer erzeugt werden, so setzt sich die Theilung der Chlorophyllkörper länger fort, als für die Bildung der grossen. In beiden Fällen werden die Chlorophyllkörper die im Beginn dem farblosen Wandbeleg nur von innen anlagern, während ihrer Verkleinerung in diesen Wandbeleg aufgenommen. Die Körner sind schliesslich in demselben gleichmässig vertheilt, meist mit demselben, wie schon erwähnt, zu Netzen angeordnet. Die Sonderung in die einzelnen Zellen erfolgt hierauf in dem farblosen Protoplasma zwischen den Chlorophyllkörnern. Ich konnte nicht feststellen, dass bei Bildung der kleinen Schwärmer zunächst grössere Täfelchen gebildet werden und hierauf in kleinere zertheilt, vielmehr fand ich die Bildung der kleinen Schwärmer eben so unmittelbar vor sich gehend, wie diejenige der grossen. Einige, das heisst, zwei bis drei Chlorophyllkörper fallen der einzelnen Zelle zu. Erst wenn die Trennung der Zellen

1) Vergl. auch Pringsheim l. c. Sep.-Abdr. p. 5.

gegen einander erfolgt ist, findet die definitive Ausbildung derselben zu Schwärmern statt. Das farblose Protoplasma, das jeder der kleinen Zellen zukommt, sammelt sich jetzt an deren einem Ende an, während die Chlorophyllkörner an das entgegengesetzte Ende wandern. Jeder Schwärmer bekommt eine birnförmige Gestalt, und zwar wird das zugespitzte vordere Ende desselben von dem farblosen Plasma, das hintere, angeschwollene, von den Chlorophyllkörnern eingenommen. Ist der Augenblick der Entleerung gekommen, so beginnen die Schwärmer sich gegen einander zu verrücken und schwärmen schliesslich durch das ganze Lumen, dessen Zellsaft oft einige grosse Blasen bildet. Die Entleerung erfolgt durch eine Oeffnung, die durch Quellung der Cellulose-Wand, bei einigen Arten nahe der Spitze der Zweige, bei andern nahe der Basis, sich bildet. Diese Stelle markirt sich längere Zeit zuvor schon als papillöser Vorsprung am Zweige [1]).

In den grösseren Schwärmern gelang es mir mit Hülfe von Osmiumsäure und Haematoxylin oder Carmin, mich von der Existenz eines kleinen Zellkerns mit ziemlicher Gewissheit zu überzeugen, derselbe liegt in dem farblosen Ende, oberhalb der Chlorophyllkörper, einseitig der Oberfläche genähert. Die kleinen wie die grossen Schwärmer, die ich vornehmlich bei Bryopsis hypnoides näher untersuchte, besitzen zwei Cilien, die grössten unter den grösseren, manchmal auch die grösseren unter den kleineren Schwärmern besitzen vier Cilien [2]).

Während der Theilung der Chlorophyllkörper wird wohl auch eine Vermehrung der vorhandenen Zellkerne durch Zweitheilung erfolgen, doch ist dieselbe nicht zu constatiren.

In vieler Beziehung entsprechend ist der Vorgang der Schwärmerbildung in den „Sporen" von Acetabularia mediterranea [3]). Zunächst wird der protoplasmatische Wandbeleg der Spore feinkörnig und geht meist durch schmutziggrün in braungrün über. Dann treten hellere Flecke in geringer Zahl und meist regelmässiger Vertheilung in demselben auf [4]). Sie

---

1) Vergl. auch Pringsheim.

2) Pringsheim hat an normalen Sporen niemals mehr denn zwei Cilien beobachtet (l. c. Sep.-Abdr. p. 7). Thuret giebt für Bryopsis hypnoides hingegen auch das Vorkommen von vier Cilien an, für B. plumosa constant nur zwei Cilien (l. c. p. 218).

3) Vergl. A. de Bary u. E. Strasburger, Bot. Zeitung 1877, Sp. 739 und Tafel XIII.

4) Vergl. Fig. 2 l. c.

werden schliesslich durch zahlreiche andere ersetzt, die dicht gedrängt, seitlich aneinanderstossen [1]). Die Grenze der hellen Stellen gegen einander wird durch Körnchen bezeichnet. Diese ziehen sich hierauf mehr gegen das Innere der Anlagen und helle Grenzlinien nehmen ihre Stelle ein. Der Wandbeleg der Spore erscheint jetzt in zahlreiche polygonale Zellen zerlegt. Jede dieser erhält einen rothen Strich. Schliesslich runden sie sich gegen einander ein wenig ab, namentlich an der, der Wand der Spore zugekehrten Fläche Die Spore öffnet sich mit einem Deckel, der meist wie eine Thüre aufklappt und ein Theil des Inhalts wölbt sich aus der Spore hervor. Er ist von der mithervortretenden, gequollenen, innersten Membranschicht der Spore umgeben. Bevor diese reisst, hält sie noch den Inhalt zusammen, der jetzt flaschenkürbisförmige Gestalt zeigt. Plötzlich berstet die gequollene Membranschicht wie eine Seifenblase und die Schwärmer, die den hervorgewölbten Theil des Inhalts bildeten, weichen in demselben Moment von einander. War ein Theil des Lumens der Mutterzelle mit dem Inhalt hervorgetreten, so bleibt er als Blase liegen. Die rapide Trennung der Schwärmer wird aber jedenfalls durch eine zwischen denselben vorhandene quellbare Substanz, die Zwischensubstanz, veranlasst. Es kam mir ein Fall vor, in welchem die Schwärmer unbeweglich waren, nichts desto weniger fuhren sie beim Bersten der Umhüllungsschicht mit derselben Vehemenz wie lebende Schwärmer auseinander und blieben in ziemlich gleichen Intervallen von einander liegen. Auf die Befreiung des hervorgetriebenen Inhalts folgt die Entleerung aus dem Innern der Spore. Nur das Lumen der Mutterzelle bleibt dort als abgerundete Blase zurück [2]).

Die entleerten Schwärmer copuliren, doch nur dann, wenn sie verschiedenen Sporen entstammen. Sonst gehen sie rasch zu Grunde. Die gebildeten Zygoten haben aber eine längere Ruhezeit durchzumachen.

Meine eben angeführten Untersuchungen wurden ohne Zuhülfenahme von Farbstoffen ausgeführt, daher ich damals nichts über das Vorhandensein und das sonstige Verhalten etwaiger Zellkerne angeben konnte. Nunmehr stellte ich an Alkoholmaterial fest, dass jede Spore eine grössere Zahl kleiner, gleichmässig vertheilter Zellkerne in ihrem Wandbelege führt. Um

---

1) Vergl. Fig. 3 l. c.

2) Vergl. die Fig. 7—10 u. 24 l. c.

dieselben mit Haematoxylin sichtbar machen zu können, müssen zuvor die von Nägeli [1]) entdeckten, den Sporen dicht aufsitzenden Sphärokrystalle entfernt werden, was leicht mit kochendem Wasser gelingt [2]). Aus diesem Nachweis von Zellkernen möchte ich aber schliessen, dass die hellen Flecke, die man an lebenden, in die Schwärmerbildung eintretenden Sporen beobachtet, zu denselben in Beziehung stehen.

Bei Siphonocladus Psyttaliensis zeigen die Zellen nach Schmitz [3]) einen Wandbeleg aus Protoplasma, mit zahlreichen Chlorophyllkörpern von flachscheibenförmiger Gestalt und unregelmässig rundlich-eckigem Umriss. Die Mehrzahl der Chlorophyllkörper enthält einen Amylonkern. Auch finden sich kleinere oder grössere Oeltröpfchen im Protoplasmaschlauch zerstreut. Weiterhin wird die Chlorophyllschicht netzartig durchbrochen und kann in den ältesten Zellen weite Maschen bilden. Innerhalb der Chlorophyllschicht finden sich sehr zahlreiche Zellkerne, deren Grösse etwa diejenige mittlerer Chlorophyllkörper erreicht und deren Vertheilung eine regelmässige ist. Die Zellkerne sind an der lebenden Zelle äusserst schwer zu sehen.

Die Zoosporenbildung [4]) erfolgt in Zellen mit dichtgeschlossener oder mit lockerer, ja selbst netzförmig durchbrochener Schicht. Sie beginnt damit, dass die vorhandenen Chlorophyllkörper zu den einzelnen Zellkernen, die ihre Stellung unverändert beibehalten, hinwandern und sich rings um diese anhäufen. Gleichzeitig strömt die Masse des Protoplasma gleichfalls zu diesen Sammelpunkten hin und häuft sich um die Zellkerne an. Es bilden sich dadurch um diese Zellkerne Plasmaanhäufungen, welche flach gewölbt in das Zelllumen vorspringen. Dann treten in der dünnen Protoplasmaschicht, welche die einzelnen Ansammlungen bisher noch verbindet, Lücken auf, welche immer zahlreicher werden, sich erweitern, bis dass auch dieses Protoplasma schliesslich auf die Concentrationsstellen eingezogen ist und auch die letzten Plasmastränge zwischen den sich bildenden Zoosporen reissen. Die Zoosporen runden sich hierauf ab, treten in Be-

---

1) Szbr. d. bayr. Akad. 1862, I, p. 314—321, 323 f.

2) Die Körper, welche Prantl (Das Inulin 1870, p. 44) in getrockneten Exemplaren von Acetabularia vorfand, waren somit, weil in kochendem Wasser unlöslich, mit den Naegeli'schen Sphaerokrystallen des Inulins nicht identisch.

3) Beobachtungen über die vielkernigen Zellen der Siphonocladiaceen p. 4.

4) l. c. p. 34.

wegung und werden durch eine oder mehrere, warzenartig vorspringende Austrittsöffnungen der Zellhaut entlassen.

Wie wir sehen, schliesst sich der Vorgang hier, wie bei der Schwärmsporenbildung von Holosphaera, der Eibildung der Saprolegnien oder selbst der Schwärmsporenbildung von Aphanomyces ab.

Sehr eingehend habe ich die Zoosporenbildung auch bei einigen marinen Cladophora-Arten studirt, vornehmlich bei Cladophora laetevirens, Harv. var. mediterranea und Cladophora lepidula Montgn. Beide Formen hatte Herr Dr. E. Bornet in Paris die Güte, mir zu bestimmen, gleichzeitig auf die Schwierigkeit hinweisend, die einer sicheren Bestimmung der Cladophoren entgegenstehen.

Ich habe die Cladophora laetevirens sowohl, wie die Cladophora lepidula in einer gestreckten und in einer gedrängten Form gesammelt. Die Cladophora laetevirens war gelbgrün bis smaragdgrün, die andere Species meist dunkler grün gefärbt. Die erstere zeichnete sich von der zweiten durch die bedeutendere Grösse ihrer Zellen aus, auch war die Vertheilung des Inhalts in beiden verschieden.

Bei Cladophora laetevirens hat netzförmig durchbrochene Chlorophyllschicht an der Wand der Zelle aufzuweisen. In dieser zahlreiche grosse, dunkler grün contourirte Amylonkerne und zerstreute kleine Stärkekörnchen. An der Innenseite der Chlorophyllschicht gelingt es leicht, die zahlreichen Zellkerne nachzuweisen. Zu diesem Zwecke legte ich die Pflanzen zunächst auf einige Stunden in 1 % Chromsäure, wusch sie dann mit Wasser aus und färbte sie mit Beale'schem Carmin oder Borax-Carmin. Die Zellkerne halten sich meist in der Nähe der Amylonkerne und zeigen sich etwas grösser als diese. Ich fand diese Zellkerne relativ inhaltsarm, sie führen meist je ein deutliches Kernkörperchen. Das Lumen der Zelle ist durchsetzt von zarten, farblosen Plasmawänden, die das Zellinnere in polygonale Kammern theilen. Manche Kammern springen, auch ohne auf andere zu stossen, halbkugelförmig von der Wand der Zelle in das Lumen vor. Nur hier und da konnte man auch einen grün gefärbten Plasmastrang durch das Lumen laufen sehen.

Die viel schmäleren und kürzeren Zellen von Cladophora lepidula sind viel dichter mit Inhalt angefüllt. Die Chlorophyllkörper bilden an der Wand eine meist ununterbrochene Schicht und wird ähnlich wie bei Süsswasserformen von Cladophora, auch

das ganze Zelllumen von grün gefärbten Plasmamassen durchsetzt. Die Zellkerne verhalten sich nicht anders wie bei Cladophora laetevirens.

Doch will ich hier den Zellbau der marinen Cladophoren nicht weiter schildern, als zum Verständniss des Folgenden nothwendig ist, verweise im Uebrigen auf die ausführlichen Beschreibungen von Schmitz [1]) und auf das später noch bei der Zelltheilung der Cladophoren zu Sagende.

Bei Cladophora laetevirens sieht man als Einleitung der Zoosporenbildung an Stelle der Amylonkerne zahlreiche kleine Stärkekörnchen in grünem Plasmanetz der Zelle auftreten. Diesen Zustand zeigt Figur 22, Taf. XIII und zwar nach Behandlung mit Reagentien, so dass auch die Zellkerne sichtbar sind. Sehr bald bemerkt man nun, bei Betrachtung des lebenden Objects, wie sich das Plasma nach bestimmten, in ziemlich regelmässigen Abständen vertheilten Punkten, die im Allgemeinen den Knotenpunkten des Plasmanetzes entsprechen, hinzieht. Um diese Punkte gruppiren sich gleichzeitig die Stärkekörnchen an, sternförmige Figuren bildend. Die Mitte des Sternes wird von einem hellen Raume eingenommen, in welchem man hin und wieder, auch ohne Hülfe von Reagentien, den Zellkern erkennen kann. Mit Reagentien tritt derselbe hier deutlich hervor. Die Stärkekörner, soweit länglich, stellen ihre Längsaxen radial zum gemeinsamen Mittelpunkt der Sterne, welche schliesslich ein sehr regelmässiges und zierliches Aussehen gewinnen. Wie Figur 23, Taf. XIII, zeigt, hängen die Sterne alsbald nur noch durch feine Plasmafäden zusammen, in welchen einzelne Stärkekörnchen immer noch zerstreut liegen. Sind die Sterne fertig gebildet, so beginnen sie sich mit dem gesammten Wandbeleg von der Wand der Zelle zurückzuziehen. Die Sterne werden auf diese Weise einander bis zur gegenseitigen Berührung genähert und ragen bald als halbkugelige Höcker nach aussen vor (Fig. 24). Gegen einander werden sie durch körnige Trennungsschichten geschieden. Am Scheitel der vorspringenden Höcker beginnt sich alsbald farbloses Protoplasma anzusammeln. Die Höcker spitzen sich gleichzeitig ein wenig zu. Hierauf wird der Scheitel als ein lichtbrechendes Knötchen ausgezeichnet und von diesem Knötchen kann man bei entsprechend starker Vergrösserung die Cilien entspringen sehen. Sie treten pseudopodienartig hervor meist

1) Vielkernige Zellen der Siphonocladiaceen p. 17.

Oel oder in Balsam. Mit der Vermehrung des Inhalts in jungen Sporangien steigt die Zahl der Kerne durch Theilung, vielleicht auch durch Zuwanderung; ihre Grösse nimmt etwas ab. Berthold konnte schliesslich bis 50, in noch älteren Stadien bis 100 Kerne zählen. Es war nunmehr aber eine eigenthümliche Veränderung eingetreten, indem die früher getrennten Kerne jetzt durch intensiv gefärbte Netze verbunden erschienen. Im folgenden Stadium fand Berthold statt der netzförmig verbundenen Kerne in gleichen Abständen grössere, intensiv gefärbte Flecke von wenig scharfen Umrissen, in bedeutend geringerer Anzahl. Diese Flecke waren bald als scharf umschriebene Kerne mit Nucleolus zu erkennen. Das Plasma zeigt hierauf schön radiäre Anordnung um diese Kerne und zerfällt in die einzelnen, 10 bis 20 Portionen, welche die zukünftigen Schwärmer bilden. Die Schwärmer sind rundlich mit einem grösseren, etwas vorspringenden hellen Fleck am Vorderende. An der Grenze desselben gegen den dunkeln Theil befindet sich ein Kranz von langen Cilien. Der Kern liegt im vorderen hyalinen Abschnitt. Er vermehrt sich bei der Keimung.

Abweichend von all den bisher betrachteten Fällen der Zoosporenbildung bei Algen, soll sich der gleiche Vorgang bei Ulothrix verhalten. Nach übereinstimmenden Angaben verschiedener Forscher werden hier nämlich die Schwärmer durch Zelltheilung angelegt. Ich selbst glaubte das früher auch annehmen zu müssen, bin aber seitdem zu der Ueberzeugung gelangt, dass die Schwärmsporen von Ulothrix, so wie diejenigen anderer Algen simultan, und durch freie Zellbildung entstehen. Der Umstand, dass sie in geringerer oder grösserer Anzahl angelegt werden, hat früher die Vorstellung einer Entstehung durch Zelltheilung veranlasst; die Thatsache aber, dass sie in paarigen Zahlen auftreten, wird hinlänglich dadurch begründet, dass auch hier eine in den Multiplen von zwei fortschreitende Vermehrung der Zellkerne der simultanen Bildung der Zellen vorausgeht.

Auch wird unter Umständen nur ein Schwärmer aus dem gesammten Inhalte der Mutterzelle erzeugt [1]), was die Vorstellung, dass es sich um freie Zellbildung bei diesem Vorgang handelt, nur noch bestärkt.

Soll eine Zelle Schwärmsporen bilden, so schwillt sie etwas bauchig an und werden Veränderungen in ihrem Innern sichtbar. Der Inhalt nimmt zu; der Chlorophyllgurt vertheilt sich gleich-

1) Dodel, Jahrb. f. wiss. Bot. X. 1876. p. [illegible]

auch in den Fällen, wo die Chlorophyllschicht ganz continuirlich ist, statt ein durchbrochenes Zellnetz zu bilden.

An den grossen Schwärmern habe ich vier, an den kleinen zwei Cilien gerechnet. Ein Zellkern ist an den grossen Schwärmern mit Zuhülfenahme von Osmiumsäure und Carmin meist unschwer nachzuweisen.

Bei Cladophora lepidula waren die Zellen, wie schon erwähnt, viel kleiner als bei Cladophora laetevirens und ganz von Chlorophyllplatten durchsetzt. Zur Anlage der Schwärmer schwinden auch hier zunächst die Amylonkerne. Kleine, grün umsäumte Stärkekörnchen erfüllen in grossen Massen den plasmatischen Inhalt. Diese Körner grenzen polygonale Massen gegen einander ab, und zwar, da die ganze Zelle ziemlich gleichmässig mit Inhalt erfüllt ist, nach allen drei Raumdimensionen. Zwischen diesen Körnern werden die hellen Trennungsschichten sichtbar. Ein Zurückweichen des Inhalts von der Sporangiumwand findet nicht statt.

Bei Cladophora glomerata dürfte, nach der Beschreibung und Abbildung von Thuret[1]) zu schliessen, der Vorgang der Zoosporenbildung sich ähnlich wie bei Cladophora lepidula abspielen.

Sehr interessant ist es mir, hier auch noch eine Angabe von Berthold[2]) über die Schwärmerbildung bei Derbesia in den Text einschalten zu können. Die unregelmässig verzweigten, querwandlosen Fäden einer von Berthold als Derbesia neglecta bezeichneten Form, führen einen plasmatischen Wandbeleg mit sehr kleinen scheibenförmigen Chlorophyllkörpern und zahlreichen spindelförmigen Zellkernen von c. 0,003 Mm. Länge, mit excentrisch gelegenen Nucleolus. Die Sporangien entstehen als Kerne seitlicher Aeste von birnförmiger Gestalt mit kurzem Stiel. Sie werden durch einen eigenthümlichen Pfropf von dem vegetativen Theil der Pflanze geschieden. In jungen, noch nicht ausgewachsenen Sporangien erkennt man nach der Färbung zahlreiche rundliche Kerne von derselben Grösse wie im vegetativen Theile. Berthold giebt als das vortheilhafteste Färbungsmittel alkoholische Cochenillelösung an. Nach dem Ausziehen und Entwässern der Präparate geschieht die Untersuchung am besten in ätherischem

1) Ann. d. sc. nat. Bot. III. Ser. T. XIV, p. 219, Taf. 16.

2) Mittheilungen aus der zoologischen Station zu Neapel. Bd. II, Heft 1, p. 77. 1880.

centrale Blase entspricht durchaus derjenigen in den Sporen der Acetabularia.

Vor der Entleerung der Schwärmer verschleimt eine unbestimmte Stelle an der Seitenwandung der Mutterzelle und zwar nur die äusseren Schichten derselben; die ganze innerste Verdickungsschicht der Mutterzellenwandung tritt stark quellend als Umhüllungsblase mit den Schwärmern nach aussen. Namentlich tritt sie in den Fällen grösserer Schwärmerzahl deutlich hervor, während sie bei einer geringen Zahl der Schwärmer jedenfalls so rasch gelöst wird, dass sie nur schwer zur Anschauung kommt. Doch konnte sie Dodel auch an zweisporigen Mutterzellen beobachten [1]). Dodel kommt auch zu der Annahme einer „quellbaren Demarkationssubstanz" zwischen den Schwärmsporen von Ulothrix [2]). Er meint, dieselbe werde von den Schwärmsporen auf ihrer ganzen Oberfläche ausgeschieden. Nach den von uns gesammelten Erfahrungen dürfte es aber dem Zweifel nicht unterliegen, dass die quellbare Zwischensubstanz auch hier ein Umwandlungs-Product der die Schwärmer bei ihrer Anlage trennenden Zellplatten ist.

Sind die Schwärmer mit der Umhüllungsblase hervorgetreten, so werden sie erst frei, wenn diese Blase platzt. Die Blase schwindet dann im umgebenden Wasser. Ist eine innere Blase vorhanden, so gleiten die Schwärmer von dieser ab, die Blase selbst bleibt längere Zeit erhalten [3]).

Die befreiten Schwärmsporen sind im Allgemeinen eiförmig. Sie werden von dünner protoplasmatischer Hautschicht umgrenzt. Am vorderen Ende tragen die grösseren Schwärmer vier, die für die Copulation bestimmten kleinen, zwei Cilien [4]). Die Cilien sind etwa zwei Mal so lang, wie der übrige Körper; die Insertionsstelle derselben erscheint als ein etwas stärker das Licht brechendes Knötchen. Der rothe Strich liegt mehr oder weniger von der Insertionsstelle der Cilien entfernt, er gehört der Hautschicht an und wird durch eine stäbchenförmige Verdickung derselben, welche

---

1) l. c. p. 453.

2) l. c. p. 466.

3) Vergl. auch Cramer, Ueber Entstehung und Paarung der Schwärmsporen von Ulothrix. Vierteljahrsschr. der naturf. Gesellsch. zu Zürich. Bd. XV, Heft 2.

4) Vergl. auch Thuret, Ann. d. sc. nat. Bot. 3me ser. T. 14, 1850. Pl. 18, Fig. 6; Cramer l. c. p. 5 und Dodel, welcher zuerst den Unterschied in der Cilienzahl zwischen Makro- und Mikrozoosporen feststellte, l. c. p. 440 ff.

hin und wieder in ihrem Verlaufe unterbrochen sein kann, veranlasst. Der Hautschicht von innen angeschmiegt liegt an der einen Seite der Schwärmspore die Chlorophyllplatte, die zwei bis drei grössere Körner führt. Die Platte kann verschieden stark sein, durchschnittlich aber erreicht ihr Querdurchmesser kaum ein Drittel des Durchmessers der ganzen Schwärmspore; nur ausnahmsweise füllt sie fast den ganzen Innenraum der Schwärmspore aus. Der noch disponible Raum wird aber, mit Ausnahme nur einer kleinen Stelle vorn an der Insertion der Cilien, meist von einer mit dünnflüssigem Inhalte erfüllten Blase eingenommen. Diese Blase führt stets eine geringe Anzahl stark lichtbrechender Körnchen. An der vorderen, der sog. Mundstelle der Schwärmspore finden wir endlich etwas farbloses, feinkörniges Protoplasma, in dem nur hier und dort ein oder das andere grössere Körnchen vorkommt. In diesem Plasma, etwas seitlich von der Ansatzstelle der Cilien, ist aber eine sehr kleine contractile Vacuole zu sehen. Ich habe dieselbe längere Zeit während des Ausschwärmens der Sporen und auch während ihres Zuruhekommens in Thätigkeit beobachtet. Die Zeitintervalle zwischen zwei Pulsationen liessen sich auf 12—15 Secunden fesstellen. Am untern Rande des farblosen Plasmas, einseitig der Oberfläche genähert, oberhalb der Chlorophyllplatte, liegt aber, wie ich nunmehr feststellen konnte, der von Schmitz aus Wahrscheinlichkeitsgründen, auch in diesen Schwärmen vermuthete Zellkern. Derselbe ist sehr klein, doch mit Haematoxylin oder Carmin unschwer nachzuweisen.

Die meisten Schwärmsporen gehen im Wasser des Objectträgers unter dem Deckglas zu Grunde, dann sieht man sie zerfliessen, ohne dass irgend welche Membran dabei zu bersten brauchte. Die Schwärmsporen, welche sich weiter entwickeln sollen, umgeben sich, während sie zur Ruhe kommen, mit einer äusserst zarten Cellulosemembran.

Schon nach kurzer Zeit beginnt die Schwärmspore an ihrem farblosen Ende zu einem haarähnlichen Fortsatze auszuwachsen [1]). Der Zellkern folgt aber der Spitze des Haares nicht, vielmehr sieht man ihn in seiner ursprünglichen Lage zunächst verharren. In späteren Zuständen (die ich namentlich an solchen Sporen beobachten konnte, die aus der Sporenmutterzelle herausgekeimt und so mit den Fäden in Verbindung geblieben) sah ich dann, dass die Chlorophyllplatte sich verlängert hatte und an

1) Naegeli l. c. p. 137. Braun l. c. p. 159.

dem Zellkern vorbei in das haarähnliche sog. Wurzelende hineingewachsen war. Die erste Theilung des Keimlings pflegte in nur geringer Höhe oberhalb der beginnenden Verengung zu erfolgen. sie zerlegte die einseitige Chlorophyllplatte in zwei Stücke. Zwei Zellkerne mit schönen Kernkörperchen waren jetzt zu sehen. Der rothe Strich zeichnete sich noch deutlich an der Hautschicht der breiteren Zelle und war auch nach wiederholter Theilung derselben oft noch zu sehen. Das ganze Pflänzchen besitzt zunächst eine ganz zarte Membran, am stärksten erscheint die Spitze des „Wurzelendes" verdickt.

Die geschilderten Beispiele, die ich möglichst verschieden wählte, mögen genügen, um eine Vorstellung von der Mannigfaltigkeit und andererseits auch von der Uebereinstimmung innerhalb der Vorgänge der Zoosporen-Bildung zu erwecken.

Einen letzten Fall knüpfe ich aber nur mit Vorbehalt hier an, weil derselbe zu wenig auf die uns beschäftigenden Fragen geprüft, vorerst nur auf Grund von Wahrscheinlichkeiten behandelt werden muss: derselbe betrifft die Sporenbildung bei den Myxomyceten. Schmitz [1]) stellte neuerdings die Behauptung auf, dass die Plasmodien Zellkerne führen. Zum Mindesten fand er in einem unbestimmten weissen Plasmodium die Zellkerne in sehr grosser Anzahl vertreten. Daraus war er geneigt zu schliessen, dass die Zellkerne der Myxomoeben, bei der Vereinigung letzterer zu Plasmodien nicht aufgelöst werden, vielmehr erhalten bleiben. Ich selbst habe nun auf Grund der Schmitz'schen Angaben die Plasmodien von Aethalium septicum geprüft und in der That die Existenz sehr zahlreicher Zellkerne in demselben constatiren können. Dieselben sind von ellipsoidischer Gestalt und nur etwa 0,0035 Mm. lang. Hin und wieder ist in einzelnen ein Sternkörperchen zu erkennen. Die Zellkerne sind im Körnerplasma vertheilt, ihre grösseren Axen mehr oder weniger parallel zur Stromrichtung.

Hiernach neige ich nun auch zu der Annahme, dass die Myxoamoeben ihre Zellkerne bei der Verschmelzung in Plasmodien nicht einbüssen. Weiter halte ich es für wahrscheinlich, dass in den Sporangien-Anlagen die Bildung der Sporen um die hier mit dem Protoplasma einwandernden Kerne erfolgt. Zellkerne

---

1) Sitzbr. der niederrh. Gesell. 4. Aug. 1879. Separat-Abzug p. 21.

sind in den Sporangien vor der Sporen-Anlage schon beschrieben worden [1]), nur dass man sich dieselben frei entstehend dachte.

Ich muss es nach alledem dahingestellt lassen, ob es überhaupt noch Fälle „freier Zellbildung" ohne Zellkern giebt. Um diese Frage entgiltig zu entscheiden, wird es zahlreicher weiterer Untersuchungen, namentlich auf dem Gebiete der niedersten Organismen bedürfen.

An die Vorgänge freier Zellbildung schliessen unmittelbar diejenigen sog. Vollzellbildungen, wo nur eine Tochterzelle aus dem gesammten Inhalte der Mutterzelle entsteht, an. Dieser Anschluss wird in anschaulichster Weise durch den Umstand erwiesen, dass nicht selten an Stelle mehrerer Schwärmer in einem Sporangium ein einziger, an Stelle mehrerer Eier im Oogonium, ein einziges gebildet wird.

Ich schliesse aber von der Vollzellbildung alle Schichtenbildung an der Cellulosewand der Zelle aus; ja selbst diejenigen Fälle, in welchen nachweisbar eine ganz neue Wand um die Zelle auf der Innenseite der alten gebildet wird. Die Bildung der eigentlichen Wände der Pollen- oder Sporenzellen innerhalb der sog. Specialmutterzellen ist also in diesem Sinne auch keine Vollzellbildung. Eben so wenig kann ich diese Bezeichnung für Häutungserscheinungen der äussern Zellhautschichten gelten lassen, ob diese nun bei der Keimung von Sporen oder Pollenkörnern eintreten oder sonst mit den Wachsthumsvorgängen verbunden sind [2]).

Ja selbst eine Befreiung der nackten Zelle aus ihrer Cellulosehaut, wie das bei der sog. Häutung vieler Saprolegnienschwärmsporen stattfindet, ist keine Vollzellbildung, wenn sie die blosse Folge der Quellung der Wand ist, sonst aber keine specifischen Veränderungen an den Zellen aufzuweisen hat. Unter Vollzellbildung möchte ich mit einem Worte nur diejenigen Fälle zusammengefasst sehen, in welchen die alte Zelle wirklich eine neue wird und dieses durch bestimmte moleculare Umlagerungen in ihrem Leibe zu erkennen giebt [3]).

---

1) Vergl. de Bary Morph. u. Phys. der Pilze, Flechten u. Myxomyceten. 1866, p. 309.

2) Dieses Letztere besonders auffallend bei Rivularien und Scytonemaceen. Vergl. die Abbildung bei Hofmeister, Lehre v. d. Pflz. p. 154, Fig. 43.

3) In diesem Sinne fasst die Vollzellbildung auch Sachs' Lehrbuch IV. Aufl. p. 9.

Durch Vollzellbildung in diesem Sinne werden, so weit meine Erfahrungen reichen, gebildet: die Schwärmsporen mancher Algen, die Eier verschiedener Algen (incl. Characeen) und Pilze, die Eier der Muscineen, der Gefässkryptogamen und der Gymnospermen; die Spermatozoiden vieler Algen. — Bei Ulothrix, welche für gewöhnlich eine grössere Anzahl von Schwärmern in einer Mutterzelle bildet, kann in manchen Fällen auch nur ein einziger solcher auftreten. Dodel [1]) giebt an, dass die Zellen des Fadens sich dann zunächst abrunden, der Chlorophyllkörper hierauf sich einseitig an einer Querwand concentrirt, während andererseits an einer Stelle der Seitenwand das Plasma ganz farblos wird. Am Rande der hellen Stelle bildet sich nunmehr der rothe Strich. Der Schwärmer ist dann fertig und wird in gewohnter Weise durch eine Oeffnung der Seitenwand entlassen. Da letztere oft zu eng ist, so muss der Schwärmer beim Austritt alle möglichen Formveränderungen durchmachen.

Bei Oedogonium und Bulbochaete, schreibt Pringsheim [2]), „macht sich dem Beobachter der Anfang der Sporenbildung zuerst durch das Zurücktreten des Inhalts von den Ecken der Mutterzelle bemerkbar". Bei einer Species von Oedogonium, die ich untersuchte und die mir identisch schien mit der von Pringsheim auf seiner Tafel I, Fig. 13 u. ff. abgebildeten, ging dem erwähnten Zustande eine Zunahme an Inhalt der betreffenden Zelle voraus, wobei der Zellkern für alle Fälle eine centrale Lage in derselben einnahm.

Hatte sich der Inhalt dann aber ein wenig aus den Ecken zurückgezogen und so an den Kanten abgerundet, so sah man den Zellkern, seine centrale Lage verlassend, den grünen Wandbeleg der Zelle durchbrechen und an die Hautschicht direkt angelehnt, einen hellen, seitlichen Fleck in der mittleren Länge der Zelle erzeugen.

Dieser helle Fleck ist relativ tief, von U-förmiger Contour, in günstigen Fällen ist das schöne, grosse Kernkörperchen in demselben zu sehen. Nun fängt der Zellkern aber an sich von der Wand wieder zurückzuziehen; er rundet sich auf seiner Aussenseite ab, an dieser letzteren beginnt sich farbloses Protoplasma anzusammeln. Diese Ansammlung wird immer stärker und in dem Maasse zieht sich auch der Zellkern in das Innere der Zelle

---

1) Jahrb. für wiss. Bot. Bd. X. 1876, p. 434.

2) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I, p. 26, Taf. I.

zurück. Das grün gefärbte Protoplasma greift allseitig zwischen ihn und die peripherische Ansammlung, so dass letztere mit dem Zellkern zusammen bald eine helle Figur etwa urnenförmiger Art bildet. Dann wird der Hals von dem Bauch der Urne durch die grüne Plasmaschicht getrennt und der peripherische Fleck steht nun fertig da in seiner definitiven Gestalt. Dieser letzte Zustand hat Pringsheim [1]) zu dem folgenden Passus in seinem Aufsatze über Oedogonien veranlasst: „Die Aehnlichkeit der schon in der ungeöffneten Mutterzelle vorhandenen Mundstelle der Schwärmspore mit einem Cytoblasten, welche noch durch ihre seitliche und wandständige Lage unterstützt wird, könnte der Vermuthung Raum geben, dass die Mundstelle der Schwärmsporen einer Umwandlung des Cytoblasten der Mutterzelle ihre Entstehung verdankt; diese Vermuthung ergiebt sich jedoch als falsch, sobald man die Schwärmsporenbildung in solchen Zellen untersucht, welche einen verhältnissmässig geringen Körnerinhalt besitzen, denn in ihnen sieht man den in vollkörnigen Zellen verdeckten Cytoblasten deutlich neben der vorhandenen Mundstelle oder in einiger Entfernung von ihr liegen."

Wir haben nun aber in der That die Stelle des Mundflecks durch den Zellkern eingenommen gesehen und dieser wich erst zurück, als sich die farblose Plasmamasse an der Wand sammelte. Ich vermuthete daher zunächst, der Mundfleck gehe durch Theilung aus dem Zellkern hervor, überzeugte mich aber alsbald, dass dieses nicht der Fall sein könne, da der Zellkern während der ganzen Entwickelungszeit des Mundflecks unverändert bleibt und unter sonst günstigen Verhältnissen sein Kernkörperchen zeigt.

Ich habe neuerdings Schwärmsporen bildende Fäden von Oedogonium auch mit Hilfe von chemischen Reagentien untersucht. Als besonders vortheilhaft erwies es sich, die Fäden für einige Stunden in 1% Chromsäurelösung zu legen, sie dann mit destillirtem Wasser auszuwaschen, mit Carmin zu färben und endlich durch Kochen in Wasser, das die Stärkekörnchen zum Quellen bringt, durchsichtiger zu machen. Diese Methode der Untersuchung sei hier zunächst nur berührt, ich komme später ausführlich auf dieselbe zurück. Die so behandelten Fäden zeigten, dass der Zellkern sich so weit von dem Mundflecke zurückzieht, dass er fast die entgegengesetzte Seite der Zelle erreicht; dass an der Innenseite des Mundflecks sich dichteres Protoplasma an-

1) l. c. p. 28.

sammelt und von diesem Stränge ausgehen, welche radial den Zellinhalt durchsetzen. Ist die Zelle inhaltsarm, so verbinden diese Stränge den Mundfleck nur mit dem Zellkern. Die äusseren dieser Stränge sind dann oft bogenförmig gekrümmt und es sieht aus, als seien hier zwei Schwesterkerne durch Verbindungsfäden verknüpft. Ist die Zelle inhaltsreicher, so strahlen die Stränge vom Mundfleck auch in das umgebende Protoplasma aus, in demselben blind endend. Das ganze innere Plasma der Zelle hat hierbei sich in Kammern differenzirt, die in der Richtung zum Mundfleck gestreckt erscheinen.

Sobald der Mundfleck angelegt und noch bevor er durch eine Chlorophyllschicht vom Zellkern getrennt wurde, beginnt die Bildung der Cilien aus seinem Rande; dieselben scheinen aus diesem Rande hervorzuwachsen, wenigstens glaube ich sie sicher in verschiedenen Längen beobachtet zu haben. Die Cilien liegen dem Körper der Schwärmsporen an; um sie deutlich zu sehen, müssen daher an frischen Objecten wasserentziehende und tingirende Mittel angewandt werden. Der fertige Mundfleck hat annähernd linsenförmige Gestalt, in der Mitte seiner Aussenseite ist er körnig, sonst homogen.

Die Schwärmsporen wurden, bei der von mir untersuchten Species, gewöhnlich, der Reihe nach, aus der jeweiligen Endzelle entlassen. Zu diesem Zwecke reisst die Zelle am Rande der letzten Kappe im Umkreis auf. Dieser Vorgang wird durch die Quellung der innersten Verdickungsschicht der Cellulosewand der Zelle veranlasst. Aus der geöffneten Zelle fliesst langsam die Schwärmspore heraus, dieselbe ist von der hervorquellenden Verdickungsschicht der Zelle nach aussen eng umfasst. In dem Maasse als sie heraustritt, nimmt die Schwärmspore eine ovale Gestalt an, wobei, wie bekannt, ihre frühere Queraxe zur Längsaxe wird. Die innerste Verdickungsschicht der Mutterzelle hebt sich blasenförmig von der Schwärmspore ab.

Sobald die Blase nun an Grösse zugenommen, beginnt sich die Schwärmspore in derselben hin und her zu bewegen. Die Cilien beginnen meist schon während ihres Austretens zu schwingen, in manchen Fällen liegen sie auch nach dem Austritt der Schwärmspore ihr noch eine Weile ruhig an. Dann ruht auch die Schwärmspore und ihre Bewegung beginnt mit dem Augenblick,
[illegible]en anfangen. Bald hat die Schwärmspore
[illegible]mmer stärker quellende Blase durch-
[illegible] Zellkern ist in der Schwärmspore

in ursprünglicher Weise erhalten geblieben, er zeigt in ihr eine centrale Lage [1]). Ich war ein wenig erstaunt, an den Oedogonium-Schwärmsporen auch einen rothen Strich in der Nähe des Mundfleckes zu finden; derselbe tritt meist sehr deutlich bei der Quellung hervor, wenn man Essigsäure einwirken lässt; an lebenden Objecten ist er nicht zu sehen. Bei der Behandlung mit Essigsäure überzeugt man sich leicht, dass die Schwärmspore nur von einer protoplasmatischen Hautschicht umgrenzt wird.

Besonders oft werden als Beispiel für Vollzellbildung die grossen Schwärmsporen von Vaucheria sessilis angeführt. Der Gesammtinhalt des keulenförmigen, endständigen Sporangiums soll sich etwas zusammenziehen und zur Schwärmspore umbilden, hierauf aus einem oberen Riss des Sporangium hervorquellen.

Ausser bei Vaucheria sessilis und piloboloides sind von Walz [2]) Schwärmsporen auch bei Vaucheria sericea Lyngb. beobachtet worden. Ich selbst hatte Gelegenheit, dieselben bei Vaucheria sessilis und ornithocephala Hassall, einer mit Vaucheria sessilis nahe verwandten Form, zu sehen und Schritt für Schritt in ihrer Bildung zu verfolgen.

Das Sporangium bei Vaucheria sessilis zeigt sich gleich nach seiner Anlage (Fig. 29. 31, Tafel XIII) von einer dichten, durch zahlreiche Chlorophyllkörner dunkel gefärbten Protoplasmaschicht ausgekleidet, die nur am Scheitel des Sporangium etwas heller erscheint und in der Längsaxe des Sporangium von einem selten continuirlichen, gewöhnlich in zwei ellipsoidische Lumina zertheilten Zellraum unterbrochen wird. Diese beiden Lumina sind mit farblosem Zellsaft erfüllt. Das obere Lumen wandert hierauf nach dem hellen Scheitel des Sporangiums hin (Fig. 32, Taf. XIII), dorthin bewegt sich denn auch das untere Lumen (Fig. 33. 34). Ist dies geschehen, so zeigt der Sporangium-Inhalt einen hellen Scheitel und einen dunklen, zwei Drittel der ganzen Höhe messenden Fuss. Gleichzeitig beginnt die Bildung eines farblosen Saumes um die ganze Schwärmspore. Dieselbe fängt am vorderen Ende der Schwärmspore an und schreitet von hier nach rückwärts fort. Der Saum wird schliesslich am vorderen Ende etwa doppelt so stark als am hinteren, er nimmt von vorn nach hinten gleichmässig an Dicke ab. Dieser Saum verräth eine radiale Structur,

1) Für diese Schwärmer ist der Zellkern schon lange bekannt, von Neuem hat ihn aber neuerdings wieder Maupas nachgewiesen. Comptes rendus de l'Acad. de sc. Paris 1879. Bd. LXXXVIII, p. 1276.

2) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. V, p. 131.

als wenn er abwechselnd aus Stellen grösserer und geringerer Dichtigkeit gebildet wäre. An den Saum grenzt netzförmig vertheiltes, körniges Plasma; dasselbe führt die Chlorophyllkörper. Vorn am Schwärmer wird der farblose Saum von dem, Zellsaft führenden, mit feinen Protoplasmasträngen durchsetzten Lumen, nur durch eine einzige Lage von Chlorophyllkörpern getrennt.

Um mich über die Entwicklungsgeschichte der Cilien zu orientiren[1]), brachte ich einzelne Sporangien von verschiedener Reife unter Deckglas, stellte dieselben bei starker Vergrösserung ein und legte nun einen Streifen Fliesspapier an den Rand des Deckglases. Bald wurde unter dem wachsenden Druck des Deckglases das Sporangium abgeflacht, dann unter dem Druck des Sporangium-Inhaltes die Querwand an der Basis des Sporangiums, seltener und meist nur bei relativ älteren Sporangien, der Scheitel desselben durchbrochen. Ich konnte nun nach Belieben mehr oder weniger Inhalt aus dem Sporangium austreten lassen, da mit der Entfernung des Fliesspapiers sofort die Entleerung aufhörte; auch konnte ich bei Anwendung entsprechend breiter Fliesspapierstreifen den Ausfluss reguliren, dass er nicht zu stürmisch erfolge. Wurde nun bei entsprechender Abflachung und theilweiser Entleerung eines Sporangium etwas Wasser dem Präparate vorsichtig zugefügt, so konnte man meist in dem, zu seiner ursprünglichen Gestalt annähernd zurückkehrenden Sporangium, die Hautschicht der Schwärmspore, an vielen Orten noch unversehrt, von der Wand des Sporangium zurücktreten sehen. Solche Objecte auf verschiedenen Zuständen und bei unzählige Male wiederholter, entsprechender Behandlung untersucht, lehrten mich, dass die Bildung der Cilien der Differenzirung des hellen Saumes auf dem Fusse folgt und nicht wenig an die Bildung der „Pseudopodien“ erinnert. Erst kurz vor der vollen Reife der Schwärmspore sind die Cilien völlig ausgebildet; sie liegen, wohl stets nach vorn gerichtet, der Oberfläche der Schwärmspore dicht an und erheben sich zu sofortigem Schwingen, wenn die Hautschicht von der Sporangienwand zurückgetreten ist. Auf etwas jüngeren Zuständen findet man die Cilien kürzer und an der Spitze mit kleiner, knopfförmiger Anschwellung versehen. Die Knöpfchen erscheinen im Verhältniss grösser, je kürzer die Cilien sind. In erster Anlage stellen die Cilien endlich nur kleine Höcker dar.

---

1) Studien über das Protoplasma. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. X, 1876, p. 397.

Der Rückzug der Hautschicht von der Sporangienwand veranlasst für alle Fälle die rasche Ausbildung der angelegten Cilien, indem die Knöpfchen sich zu dem, noch fehlenden Cilienstücke strecken. Daher das eigenthümliche Schauspiel, das unter solchen Umständen die zurückweichende Hautschicht gewährt: zunächst dicht an ihrer Oberfläche kleine, kurz gestielte Tröpfchen, die immer kleiner und zugleich länger gestielt werden und alle nach Verlauf weniger Minuten schwinden. Die Ausbildung der Cilien wurde um so rascher vollendet, je vorgeschrittener man deren Anlage vorfand, das heisst, je kleiner die Knöpfchen und je länger ihre Stiele waren. Bei relativ jungen Schwärmsporen, kurz nach Differenzirung ihrer Hautschicht, zeigen die Cilien auch nach voller, künstlich hervorgerufener Ausbildung nicht die Länge, die sie sonst bei normaler Ausbildung erreicht hätten; auch werden sie meist nur in geringer Zahl ausgebildet.

Ich verglich vorhin die Entwickelung der Cilien, wie sie sich hier aus der Beobachtung ergiebt, mit der Bildung der „Pseudopodien“, und zwar weil letztere bei Rhizopoden in manchem Sinne ähnlich fortschreitet. Auch dort zeigen die sich verlängernden Pseudopodien ein kolbenförmig angeschwollenes Ende.[1]) Das Gleiche fand ich übrigens auch im Innern der Spirogyra-Zellen, wenn freie Protoplasmaströme in das Zelllumen entsandt wurden. Die terminale Anschwellung lieferte hier augenscheinlich das Material zur unmittelbaren Verlängerung des Stromes.

So lange die Vaucheria-Schwärmspore der Sporangium-Wandung dicht anliegt, kann man von ihren zarten, der Oberfläche angedrückten Cilien nichts bemerken, und selbst in flachgedrückten Sporangien sind dann höchstens feine Punkte an dem äusseren Contour der Hautschicht zu erkennen.

An reifen Schwärmsporen fangen die Cilien beim Zurücktreten der Hautschicht sofort im ganzen Umfang des Körpers und zwar so rasch zu schwingen an, dass sie unsichtbar werden. Die noch in Ausbildung begriffenen Cilien beginnen meist ebenfalls sich zu bewegen, doch um so langsamer und unvollkommener, je mehr sie in ihrer Entwickelung zurückstehen.

Nach kürzerem oder längerem Schwingen werden die Cilien in ähnlicher Weise eingezogen, wie sie gebildet wurden. Man sieht an der Spitze der Cilien ein Knöpfchen auftreten, das an

---

1) Max Schultze, das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen 1863, p. 24.

Grösse zunimmt in dem Maasse als sich die Cilie verkürzt, und dann schliesslich in die Hautschicht aufgenommen wird.

Da es mir fraglich erscheinen konnte, ob der Vorgang an künstlich von der Sporangiumwand entfernten Schwärmsporen ein normaler sei, so fasste ich den Entschluss, ihn auch an natürlich befreiten Schwärmsporen zu verfolgen. Um nicht auf die jedesmalige Entleerung einzelner Sporangien warten zu müssen, fing ich schwärmende Sporen aus einem grossen Gefässe auf. Die Schwärmspore wurde erst mit der Loupe aufgesucht und dann mit einem kleinen elfenbeinernen Ohrlöffel aus dem Gefässe gehoben. Es gelingt das leicht, wenn man den Löffel ganz untertaucht und ihn dann in horizontaler Lage langsam emporhebt. Man bekommt so die Schwärmspore meist völlig unversehrt und kann sie leicht in den Tropfen auf dem Objectträger bringen.

Die Schwärmsporen wurden hier so lange in ihrer Bewegung verfolgt, bis sie zur Ruhe kamen. Ihre Cilien blieben dann plötzlich stehen, um nach einer Weile eingezogen zu werden. Die Schwärmspore hat schon während ihrer Bewegung eine äusserst zarte Cellulose-Membran gebildet, in welcher jedenfalls, den Insertionsstellen der Cilien entsprechend, feine Oeffnungen zurückgeblieben sind [1]; durch diese nun werden die Cilien eingezogen. Ihr Einziehen ist mit einer Contraction der Hautschicht verbunden, welche in jenem Augenblick ihr eine faltige Oberfläche giebt; einige Secunden später ist ihre Oberfläche wieder völlig glatt geworden. Man sieht alle diese Erscheinungen am leichtesten, wenn es gelungen ist, die Schwärmspore durch sehr leisen Deckglasdruck festzuhalten. Ihre Cilien bewegen sich noch eine kurze Zeit, welche meist genügt, um sie mit starker Vergrösserung einzustellen.

Aehnliche Faltungen beim Einziehen der Cilien konnte ich auch hin und wieder an der Hautschicht der künstlich von der Sporangiumwand entfernten Schwärmspore sehen.

Die Durchbrechung des Sporangiums-Scheitels zur Entleerung der Schwärmspore erfolgt mit einem Ruck. In demselben Augenblicke quillt der vordere Theil der Schwärmspore aus der Oeffnung hervor und fängt gleichzeitig an um seine Längsaxe zu rotiren. Diese Drehung wird auch von dem noch im Sporangium befindlichen Theile der Schwärmspore ausgeführt, doch oft langsamer als [illegible] ausgetretenen. Die Oeffnung im Spo-

---

der Cilien bei den Volvocinen bestehen.

rangium ist enger als der Querdurchmesser der Schwärmspore, so dass sich letztere durch diese Oeffnung hindurchzwängen muss. Sie schraubt sich gleichsam aus dem Sporangium heraus. Cilien sind an der Schwärmspore nicht zu bemerken, wohl aber weist ihre Drehung sowohl, als auch die Bewegung in der Nähe befindlicher kleiner Körper auf deren Existenz hin. Die Geburt der Schwärmspore dauert meist etwas über eine Minute. Das Oeffnen des Sporangium wird hier jedenfalls durch inneren Druck veranlasst, den die Masse der Schwärmspore selbst auf die Sporangiumwandung ausübt und der, wie mir schien, auch von einer innersten Quellschicht an der Wand des Sporangium unterstützt wird. Ist die Schwärmspore theilweise draussen, so reicht das stete Schwingen ihrer Cilien für die weitere Entbindung aus. Dass dem so ist, zeigte sich mir in dem einen Falle, wo die äussere Hälfte der Schwärmspore abriss, der innere Theil aber, ohne nun der vorderen Oeffnung angedrückt zu werden, im Sporangium verblieb. Bei der eben erwähnten Durchreissung der Schwärmspore hatte sich bei relativ sehr enger Austrittsöffnung der vordere Theil der Schwärmspore von dem hinteren geradezu abgedreht. Schliesslich blieb nur noch ein feiner Verbindungsfaden zwischen beiden Theilen übrig, der zuletzt durchrissen wurde.

Neuerdings hat nun Schmitz nachgewiesen [1]), dass Vaucheria zahlreiche, sehr kleine kugelige Zellkerne in ihrem Wandbeleg führt. Dann machte er die merkwürdige Entdeckung, dass die radiale Structur in dem farblosen Saum der Schwärmsporen von eben solchen in demselben gleichmässig vertheilten Zellkernen herrührt. Diese Zellkerne sollen bei der Ansammlung der farblosen äussern Plasmaschicht durch die Chlorophyllschicht nach aussen wandern und sich in der Plasmaschicht vertheilen. Jedem Zellkern soll ein Paar Cilien entsprechen, die von der Oberfläche der farblosen Plasmaschicht entspringen und paarweise einem kleinen, dichteren Knötchen dieser Oberflächenschicht angeheftet sind.

Durch diese Angaben von Schmitz werden an mehreren Stellen meine früheren corrigirt, in denen ich die Zellkerne für radiale in der Mitte körnig angeschwollene Stäbchen ausgab [2]). Ich muss nun, auf Grund erneuerter Untersuchungen, Schmitz in allen Punkten Recht geben. Mit Osmiumsäure und mit Alkohol

1) Szbr. v. 4. Aug. 1879, S. A. p. 3.

2) Protoplasma l. c. p. 396.

fixirte, mit Carmin und Haematoxylin gefärbte Präparate lehrten mich, dass in der That die farblose Schicht an der Oberfläche der Vaucheria-Schwärmsporen von einer Lage sehr kleiner, radial gestellter, regelmässig vertheilter Zellkerne eingenommen wird (Taf. XIII. Fig. 36). Diese Zellkerne haben annähernd birnförmige Gestalt; ihre Längsaxe ist radial gestellt, an ihrem nach aussen gerichteten Ende sind sie zugespitzt und enden hier in einem Knötchen, dem ein Cilien-Paar entspringt (Fig. 36). Im Innern eines jeden der Zellkerne ist ein glänzendes Kernkörperchen zu sehen. Die Zellkerne sind an dem vorderen Ende der Schwärmspore nicht grösser als am hinteren. Die Differenz in der Dicke der farblosen Schicht wird nur dadurch veranlasst, dass hinten die Chlorophyllkörper dichter an die Zellkerne herantreten, als vorne.

Schmitz vergleicht die Zoospore von Vaucheria einem hohlkugeligen Verbande zahlreicher Schwärmsporen anderer grüner Algen.

Die Bewegung der Schwärmer von Vaucheria sessilis dauert etwa eine Viertel-Stunde[1]), von Vaucheria ornithocephala und Vaucheria sericea (nach Walz) nur äusserst kurze Zeit, $\frac{1}{2}$—$1\frac{1}{2}$ Minuten, hin und wieder auch etwas länger. Die Schwärmspore bewegt sich in gerader Richtung vorwärts, gleichzeitig um ihre Längsaxe sich drehend. Stösst sie schräg gegen ein Hinderniss, so verändert sie ihre Richtung; stösst sie ganz gerade gegen dasselbe, so fährt sie fort sich um ihre Axe zu drehen, ohne den Ort zu verlassen. Einmal sah ich in dieser Weise die Schwärmspore gegen die Spitze eines Krystalls gestemmt sich noch eine Minute lang drehen. So in ihrer Vorwärtsbewegung gehemmte Schwärmsporen sind für die Weiterbeobachtung besonders geeignet.

So lange sie noch in Bewegung sind, haben die Schwärmsporen eine mehr oder weniger eiförmige Gestalt und das helle Zelllumen liegt in dem vorderen breiteren Ende (Taf. XIII. Fig. 35). Nur in dem Augenblicke, wo die Schwärmspore zur Ruhe kommt, sieht man an ihr die Cilien. Sie werden in der schon beschriebenen Weise eingezogen. Die Schwärmspore hat schon während der Bewegung, wie bereits erwähnt wurde, eine zarte Cellulose-Membran gebildet; diese nimmt jetzt rasch an Dicke zu, gleich-

1) Vergl. hierüber auch Thuret, Ann. d. sc. nat. Bot. 2me Sér. Tome 19, p. 270 u. 271. Unger, die Pflanze im Momente der Thierwerdung 1843.

zeitig sieht man die Chlorophyllkörner gegen die Oberfläche der Spore wandern, die farblose Schicht in der Masse eingezogen werden. Die Zellkerne kommen wieder an der Innenseite der Chlorophyllschicht zu liegen [1]. Das Lumen ist während dieser Vorgänge central, die Spore selbst annähernd kugelig geworden.

Aus dem gesammten Inhalte des Oogonium von Vaucheria ornithocephala Hassall [2]) und auch anderer Vaucheria-Arten wird das Ei gebildet.

Der zur Fructification sich anschickende Schlauch zeigt zahlreiche Oeltröpfchen auf der Innenseite seiner wandständigen Chlorophyllschicht. Die Bildung des Oogonium beginnt, wie aus den Untersuchungen früherer Forscher hinlänglich bekannt ist, als papillenartige Austreibung seitlich am Schlauche [3]). Diese Papille nimmt an Grösse zu und erhält alsbald eiförmige Gestalt. Die Wände der Papille sind von derselben Plasma- und Chlorophyllschicht wie der Schlauch ausgekleidet, am Scheitel ist in ganz jungen Zuständen etwas farbloses Protoplasma angesammelt. Auf der Innenseite der Chlorophyllschicht häufen sich die Oeltropfen alsbald zu bedeutender Mächtigkeit an. Das noch vorhandene Lumen ist mit farblosem, feinkörnigem Protoplasma erfüllt und hängt mit dem Lumen des Schlauches zusammen. In dem Maasse als sich nun aber das Zelllumen mit Oeltropfen anfüllt, beginnt sich alles farblose Protoplasma der Anlage an der Peripherie derselben, nahe dem Scheitel anzusammeln; hier wird alsbald auch ein schnabelförmiger Auswuchs gebildet, welcher der ganzen Anlage die Gestalt eines Vogelkopfes ertheilt. Nunmehr wird das Oogonium vom Schlauche durch eine Scheidewand abgegrenzt.

Die Ansammlung farblosen Protoplasmas am Schnabel des Oogonium nimmt nun immer mehr und mehr zu und drängt die Oeltropfen und Chlorophyllkörner immer weiter von diesem Orte hinweg. Endlich wird das obere Drittel des Eies ausschliesslich von der farblosen Substanz eingenommen, die einen bedeutenden Druck auf die Membram des Oogonium auszuüben scheint. Plötz-

1) Schmitz l. c. S. A. p. 5.

2) Als Vaucheria ornithocephala Agd. von Hassall abgebildet. Vaucheria ornithocephala ist aber wie Walz zeigte (l. c. p. 150 u. 157) V. sericea Lyngb., [illegible] die betreffende Form als V. ornithocephala Hassall be-[illegible]

3) [illegible] vornehmlich auch Pringsheim, Monatsber. d. Ak. d. W. [illegible] de Bary, Ber. d. Freiburger Naturf. Ges. 1856.

lich beginnt die farblose Substanz am Schnabelende einen papillenartigen Fortsatz zu treiben, der sich mehr und mehr zu einer selbständigen Kugel abrundet; diese hängt alsbald nur noch durch eine schmale Verbindungsbrücke mit dem Ei zusammen und wird endlich aus dem Oogonium ausgestossen, wobei sich die Verbindungsbrücke zu einem endlich durchreissenden Faden verlängert. Die unmittelbare Beobachtung lehrt, dass hierbei die Membran des Oogonium nicht durchlöchert wird, vielmehr gallertartig aufquillt, und dass der austretende Plasmatropfen durch die Gallerte durchgepresst wird. Mit Recht bemerkt daher Walz [1]), die Oeffnung des Oogonium sei durch gequollene Gallerte verstopft.

Fast die Hälfte des farblosen Protoplasma am Scheitel des Eies wird auf diese Weise ausgestossen. Das Ei rundet sich jetzt ab und nimmt alsbald, wahrscheinlich durch Wasseraufnahme, an Volumen zu, wobei sein farbloser Scheitel gegen die Gallertschicht angedrückt wird; ja nicht selten tritt letzterer, die Gallertschicht vordrängend, papillenartig aus dem Oogonium hervor.

Nach der Befruchtung umgiebt sich das Ei in seinem ganzen Umfange mit einer Cellulose-Membran. Die Chlorophyllkörner und Oeltropfen beginnen langsam in das farblose Protoplasma am Scheitel hineinzuwandern und alsbald ist nichts mehr von einer solchen Ansammlung an dieser Stelle zu bemerken.

Schmitz hebt hervor, dass auch die jungen Oogonien meist zahlreiche Kerne im Wandbeleg führen. In befruchteten Eiern wurde ihm die Existenz nur eines Kerns wahrscheinlich, der aus der Verschmelzung der zahlreichen früheren wohl hervorgegangen sein müsste.

Nach den Angaben von de Bary [2]) zieht sich mit der Geschlechtsreife der Oogonium-Inhalt von Vaucheria aversa Hass. plötzlich zu einem kugeligen, dunkelgrünen Eie zusammen, welches in dem Grunde des Oogonium liegt und den oberen Theil desselben leer lässt. Zugleich erscheint der Schnabel des letzteren offen. Aehnliches scheint nach Hofmeister [3]) für das Ei von Vaucheria rostellata Kütz. zu gelten.

Bei allen Oedogonien tritt nach den Angaben von Pringsheim [4]) der Inhalt des Oogonium bei seiner Reife von der Wand zurück

---

1) l. c. p. 138.

2) Zuletzt im Bericht über die Fortschritte der Algenkunde in den Jahren 1855, 1856 und 1857. Bot. Zeitung 1858, Anh. p. 76.

3) L. v. d. Pflz. p. 93.

4) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I, p. 47.

Bei den im Bau ihrer Geschlechtsorgane den Saprolegniaceen so nahe stehenden Peronosporeen wird, nach de Bary[1]), das Protoplasma des Oogonium in eine peripherische, fast homogene, körnerarme Lage und eine die Mitte einnehmende, durch dicht gehäufte Fettkörner undurchsichtig gemachte, dunkele, kugelige Masse gesondert. Diese letztere bildet das Ei und umgiebt sich nach der Befruchtung mit einer Cellulosemembran. Ebenso giebt Cornu[2]) für eine Saprolegniacee, das Rhipidium an, dass dessen eine Oospore im Oogonium nicht wie sonst nur von wässeriger Flüssigkeit, vielmehr von einer, wenn auch fast farblosen, doch stark lichtbrechenden Substanz umgeben wird. Diese Substanz ist hier, wie bei Peronospora, zur Reifezeit der Oospore verschwunden.

Eine Abweichung von den Vorgängen der typischen Vollzellbildung begegnet uns weiter in der Entwickelungsgeschichte der Spermatozoiden bei den Characeen, Muscineen und den Gefässkryptogamen, d. h. in allen denjenigen Fällen, wo die Spermatozoiden eine von der Schwärmsporenform der Algen stark abweichende Gestalt erhalten haben.

Schon früher[3]) habe ich angegeben, dass bei der Entwickelung der Spermatozoiden der Farnkräuter, der Zellkern der Mutterzelle des Spermatozoids aufgelöst werde, dieses an der Wand der Mutterzelle entstehe und dass die später vom Spermatozoiden mitgenommene, spärliche Körnchen führende Blase, das von zarter Hülle umgebene Lumen der Mutterzelle sei. Ich kann diese Angaben auch jetzt noch aufrechthalten. Bei Wiederaufnahme meiner Untersuchungen fand ich neuerdings, mit Hilfe von Haematoxylin und Carmin-Färbungen, dass der, mit deutlichem Kernkörperchen versehene Zellkern der Mutterzelle, seine Grenzen gegen das umgebende Plasma aufgiebt, während gleichzeitig das Kernkörperchen in kleine Körner zerfällt. Es tritt nun ein Zustand der Mutterzelle ein, in welchem ihr Inhalt gleichmässig körnig erscheint, die Körnchen eine meist etwas längliche Gestalt besitzen. Hiernach beginnt an der Oberfläche des Plasmakörpers eine bandförmige Verdichtung, welche schraubenförmig umläuft. So entsteht das Spermatozoid. Der ganze Inhalt der Mutterzelle

1) Zuletzt im Handbuch Bd. II, 1, p. 158.
2) l. c. p. 39.
3) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VII, 1869 – 70, p. 394.

wird zur Bildung desselben verwendet, bis auf die Umhüllung des centralen Bläschens und die wenigen sich blau färbenden Körnchen, welche dasselbe führt. Das Bläschen ist, wie schon gesagt, ein centrales, mit Zellsaft erfülltes Lumen, welches entsteht, während sich aller Inhalt auf das in Bildung begriffene Spermatozoid zurückzieht. Dieses Bläschen entspricht durchaus dem umhüllten Zelllumen, das mit den Schwärmern der Acetabularia oder der Ulothrix aus der Mutterzelle hervortritt.

Nach Entleerung der Mutterzellen aus dem Antheridium werden die Spermatozoiden durch Aufplatzen der sich lösenden Mutterzellwände frei, und nun eilen sie in das umgebende Wasser.

Der Körper der Spermatozoiden[1]) bei Farnen und Equiseten, lässt auch bei den stärksten Vergrösserungen weder eine besondere Structur noch eine besonders differenzirte Insertion der Cilien erkennen. Ich untersuchte die Spermatozoiden mehrerer Adiantum-, Asplenium-, Pteris- und Equisetum-Arten. Um die Spermatozoiden eingehend studiren zu können, fixirte ich sie mit 1 % Osmiumsäure, was in der vorzüglichsten Weise, mit vollständigster Erhaltung des Körpers und der Cilien gelingt. Abgesehen nun von der verschiedenen Zahl, der verschiedenen Weite und Steilheit der Windungen, der wechselnden Dicke des Körpers bei den verschiedenen Spermatozoiden, fand ich letztere stets von einem in seiner ganzen Masse homogenen, stark lichtbrechenden Bande gebildet. Dieses Band ist nirgends hohl und zeigt an jedem Punkte seines Verlaufes einen annähernd elliptischen Querschnitt. Die Cilien werden nur von der vordersten Windung des Bandes getragen; sie entspringen ihr unmittelbar, ohne besonders markirte Anheftungsstellen. Die Spermatozoiden der Farne tragen zwischen den hinteren Windungen ihres Körpers die schon erwähnte Blase. Ich halte diese Blase nicht für einen integrirenden Theil des Spermatozoiden[2]), wie ja das die oft genug bestätigte Thatsache lehrt, dass die Blase sich vom Spermatozoiden loslösen kann und keinesfalls bei der Befruchtung mit zur Verwendung kommt. Somit, da diese Blase allein körnige Bildungen enthält, bleibt für den Begriff des Spermatozoiden hier nur das aus homo-

---

1) Vergl. Jenaische Zeitschrift Bd. X, 1876, p. 401 und die Figuren Tafel XIII. Fig. 7—14.

2) So auch Sachs. Lehrbuch. IV. Aufl., p. 415.

genem, starklichtbrechendem Plasma gebildete, solide, mit Cilien am vorderen Ende versehene Band zurück.

Bei den Spermatozoiden von Equisetum [1]) ist bekanntlich der hintere Theil des Körpers sehr dick im Verhältniss zum vorderen und seine Windung sehr steil; im Uebrigen ist auch hier der Körper bandförmig, von annähernd elliptischem Querschnitt in seinem ganzen Verlauf; an der vorderen Windung mit langen Cilien besetzt. Der Innenseite des steilen, hinteren Körperabschnittes klebt die Blase an, welcher die gleiche morphologische Bedeutung wie bei den Farnen zukommt. Auch hier ist es diese Blase allein, welche körnige Bildungen, wie bei den Farnen, vornehmlich Stärkekörner, einschliesst, und halten sich ihre Körner besonders an der dem Spermatozoiden-Bande zugekehrten Seite der Blase auf. Das Band selbst wird in seiner ganzen Ausdehnung von homogenem, stark lichtbrechendem Plasma, ohne innere Höhlungen, gebildet. Es endet gewöhnlich stumpf, seltener verjüngt. Die Blase haftet meist der Innenseite des Bandes an und wird bei Streckung desselben mit in die Länge gedehnt. Aehnliche Bilder mögen Hofmeister zu der Annahme geführt haben, das wimperlose Hinterende sei bei den Spermatozoiden der Equisetaceen an der Innenkante seiner Schraubenwindung deutlich zu einem häutigen, flossenähnlichen Anhängsel verbreitet, welches während der Vorwärtsbewegung in schneller Undulation sich befindet [2]). Was Hofmeister zu dem weiteren Ausspruch veranlasste: „bei den Spermatozoiden der Farnkräuter findet muthmasslich dasselbe Verhältniss statt“ [3]), ist mir unbekannt. In manchen Fällen kann sich die Blase gegen die steile Innenfläche der Spermatozoiden abrunden und sich von derselben mehr oder weniger ablösen; man findet sie manchmal auch den vorderen, engen Windungen anhaftend [4]). In anderen Fällen hat das Spermatozoid dieselbe ganz abgeworfen. Dann wird das Spermatozoid nur noch von dem stark lichtbrechenden Bande gebildet, dem an der Innenseite noch einige Körnchen anhaften können. Gegen das Ende der Schwärmzeit erscheint die Blase an den Spermatozoiden sowohl bei Farnen als bei Equiseten durch

1) Vergl. auch Sadebeck, Die Gefässkryptogamen 1879, p. 193. In: Encyklopädie der Naturw. 6. Liefer.

2) Zuletzt in: Lehre von der Pflanzenzelle 1867, p. 33.

3) Ebendas.

4) Vergl. auch Schacht, Die Spermatozoiden im Pflanzenreiche, 1864, p. 10.

Wasseraufnahme oft um das Vielfache ihres ursprünglichen Volumens ausgedehnt.

Wenn nun die Frage aufgeworfen würde: ob die Spermatozoiden der Gefässkryptogamen, da sie im obigen Sinne nur aus einem homogenen Bande mit Cilien bestehen, dennoch als Zellen aufzufassen seien, — so möchte ich die Frage bejahen.

Verfolgt man nämlich die Spermatozoiden nach rückwärts bis in die Algen hinein, so kommt man zu der Ueberzeugung, dass sie den dort vorkommenden Spermatozoiden, deren Zellnatur gar nicht angezweifelt werden darf, homolog sind. Man kann sich vorstellen, dass sie durch Modification solcher Spermatozoiden, wie etwa derjenigen von Oedogonium, langsam entstanden sind.

Bei Selaginella-Arten [1]) zeigt sich die Entwicklung der Spermatozoiden ganz derjenigen bei den Farnen entsprechend. Bei Isoëtes lacustris [2]) ist sie ihr jedenfalls auch sehr ähnlich, auch dort erfüllt das Protoplasma im Beginn der Differenzirung die ganze Mutterzelle und erst in dem Maasse, als es zur Bildung des Spermatozoiden verbraucht wird, entsteht eine innere Höhlung, um die das Spermatozoid nun eingerollt erscheint. Marsilia ist aber dadurch merkwürdig, dass bei der Bildung ihrer Spermatozoiden ein Theil des Inhalts der Mutterzellen unbenutzt zurückbleibt. Bei Marsilia elata [3]) zeigen die Mutterzellen erst einen homogenen Inhalt, dann sammeln sich im Centrum der Zelle Körnchen, grösstentheils Stärkekörnchen, an, während sich an der Peripherie eine durchsichtige Zone einstellt. Alsbald ist die körnige Masse einseitig verschoben und wird von der durchsichtigen Masse wie umfasst. Die körnige Masse wird mit Jod blau, die durchsichtige gelb gefärbt. Aus der ersteren entsteht das schraubenförmig eingerollte Spermatozoid, und sie wird heller in dem Maasse als dieses sich bildet. Schliesslich umgiebt das Spermatozoid ein nur wenige Körnchen enthaltendes Bläschen, es eilt beim Freiwerden aus der Mutterzellwand davon, während die vorhin genannte durchsichtige Masse, sich im Wasser abrundend,

1) Pfeffer, Die Entwicklung des Keimes der Gattung Selaginella. Bot. Abh. herausgegeben von Hanstein, Bd. I, letztes Heft, 1871, p. 15.

2) Millardet, le prothallium mâle des Cryptogames vasculaires. Strasbourg 1869, p. 16.

3) Millardet, l. c. p. 6.

unbenutzt liegen bleibt. — Bei Salvinia natans wird, nach Pringsheim's Beschreibung [1]), in jeder Antheridialzelle erst ein kleines bläschenförmiges Gebilde aus der, sich von den Mutterzellwänden zurückziehenden Protoplasmamasse ausgeschieden, bevor letztere sich in die vier Spermatozoidmutterzellen theilt. Der Fall bei Marsilia, wo das Spermatozoid nicht den gesammten Inhalt der Mutterzelle zu seiner Bildung beansprucht, lässt sich mit demjenigen der Entstehung der Oospore der Peronosporeen oder von Rhipidium vergleichen. Merkwürdig ist die weitere Veränderung des Vorgangs bei Salvinia, wo die Ausstossung eines Theils des Inhalts auf einem früheren Zustande, vor Bildung der Spermatozoidmutterzellen stattfindet.

Ich verfolgte auch entwicklunggeschichtlich die Bildung der Spermatozoiden bei Chara foetida. Dieselbe findet erst in fast reifen Antheridien statt. In den Zellen der Antheridialfäden finden wir vor Anlage des Spermatozoids einen grossen Zellkern und ziemlich reichlichen, körnigen Inhalt. Der Zellkern liegt excentrisch der freien Aussenwandung der kurz cylindrischen Zelle an, fast die ganze Höhe derselben einnehmend. Hierauf beginnt das Zellplasma sich zu einem Bande, das der freien Aussenwand der Zelle folgt, umzubilden. Die Bildung desselben beginnt an der vom Zellkern abgelegenen Seite der Zelle, erreicht aber alsbald den Zellkern, der in dessen Bildung hineingezogen wird und aufgeht. Alsbald ist vom Zellkern nichts mehr zu sehen und nur ein dichtes Plasmaband umläuft schraubenförmig in halber Höhe die Zelle. Dieses Band ist mindestens nochmal so stark wie das künftige Spermatozoid und umschreibt kaum mehr denn eine Windung. Durch Streckung des Bandes wird dasselbe nun entsprechend dünner und die Zahl seiner Windungen etwas verdoppelt. Der gesammte protoplasmatische Inhalt der Zelle, sammt Zellkern, wird so zur Bildung des Spermatozoiden verwendet. Neben demselben findet man keinerlei Bildungen mehr in der Mutterzelle.

Die hier gegebenen Resultate wurden mit Zuhilfenahme von 1 % Osmiumsäure und 1 %, mit Anilin gefärbter, Essigsäure gewonnen. Die Beobachtung muss während der Einwirkung genannter Reagentien stattfinden, da alsbald tiefer greifende Veränderungen im Inhalt der Zellen sich geltend machen.

---

1) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III, p. 510.

Der Körper des Spermatozoiden wird von einem langen, am hinteren Ende keulenförmig angeschwollenen Faden gebildet. Derselbe umschreibt zwei bis drei lockere Windungen. Am vorderen Ende sind dem Faden zwei lange Cilien inserirt. In dem hinteren angeschwollenen Ende sind Körner zu sehen. Der übrige Theil des Fadens ist völlig homogen. Die hintere, Körner führende Anschwellung geht unmerklich in den homogenen Theil des Fadens über.

---

## Zelltheilung.

Mit die günstigsten Objecte für das Studium der Zelltheilung sind die nach freier Anlage sich rasch vermehrenden Endospermzellen. Es ist hier relativ leicht Schnitte zu erhalten, die alle Stadien der Zelltheilung vereinigen. Dabei sind die Zellkerne oft von bedeutender Grösse und begünstigen so die Beobachtung.

Von den vielen Objecten dieser Art, die mir zu Gesichte kamen, wähle ich zunächst zur eingehenderen Beschreibung Corydalis cava. Ich schilderte schon früher, dass die angelegten Endospermzellen hier vielkernig sind, dass die Zellkerne hierauf sich theilen und auch die Zahl der Zellen sich durch Theilung vermehrt. Diese Zellen sind immer noch vielkernig, doch alsbald findet Verschmelzung der Zellkerne jeder Zelle zu einem einzigen statt. Solche Zellkerne sind von verschiedener Grösse, je nach der Summe der Elemente, die in ihre Bildung eingingen; sie unterscheiden sich auch in der Zahl der Kernkörperchen. Diese Differenzen erhalten sich noch, wenn auch abgeschwächt, auf späteren Theilungsschritten, so zwar, dass die Kerne immer noch von etwas ungleicher Grösse sind und namentlich sich durch die verschiedene Zahl der Kernkörperchen unterscheiden. Zellkerne mit nur einem Kernkörperchen scheinen nämlich bei der Theilung wieder solche, diejenige mit mehreren Kernkörperchen entsprechende zu geben.

So sehen wir denn auch in unserer Figur 1, Taf. VII, die genau nach der Natur gezeichnet, in einem Complex von sechs Zellen fast alle Theilungszustände giebt, in der Zelle rechts oben, einen Kern mit nur einem Kernkörperchen; in der mittleren Zelle oben einen solchen mit mehreren Kernkörperchen liegen. Diese Zellkerne nehmen die Mitte der Zelle ein und sind von körnigem Protoplasma umgeben und mit diesem auf Fäden suspendirt. Die Zelle links oben zeigt die Kernspindel. Diese hat eine stark

entwickelte äquatoriale Kernplatte und zarte Spindelfasern aufzuweisen. Die ersten Phasen der Spaltung und des Auseinanderweichens der Kernplattenhälften bitte ich in den Figuren 48 und 49, Taf. II, und die beginnende Differenzirung der Tochterkerne in den Figuren 50—53 daselbst zu vergleichen. Einen jungen Zustand der Tochterkernanlagen zeigt uns hier, in der Figur 1, Taf. VII, die untere Zelle rechts. In der unteren Zelle links ist die Ausbildung schon ziemlich weit fortgeschritten. Die Verbindungsfäden haben an Zahl zugenommen und beginnen zu divergiren. In der mittleren Zelle unten sind die Verbindungsfäden auffallend vermehrt, sie breiten sich sehr stark aus und bilden einen biconvexen, linsenförmigen Körper zwischen den beiden Schwesterkernen. Dieser Körper überspannt fast vollständig den Querschnitt der Zelle. Die Zellplatte ist in den Verbindungsfäden angelegt und wird bald die Cellulose-Wand erzeugen, die in diesem Falle sofort den ganzen Querschnitt der Zelle durchsetzt.

Das Endosperm von Monotropa[1]) wird durch Zellbildung gebildet. Es ist ein sehr günstiges Object, um sich rasch über Zelltheilung zu orientiren. Bringt man Samenknospen, die aus einer vor 5 bis 8 Tagen bestäubten Blüthe stammen, in wenigprocentige Zuckerlösung und setzt nun einen Tropfen 1 % Osmiumsäure hinzu, so kann man fast sicher sein Theilungszustände der Endospermzellen zu fixiren.

Ohne Zusatz von entsprechenden Reagentien könnte man freilich glauben, der Zellkern werde hier bei der Theilung aufgelöst, wenigstens wird er ungeachtet der völligen Durchsichtigkeit der Samenknospen unsichtbar. Durch Zusatz von Osmiumsäure kann man ihn aber stets schon nach wenigen Minuten und zwar mit grösster Klarheit hervortreten sehen.

Der noch ruhende, secundäre Embryosackkern ist durch seine Grösse ausgezeichnet und führt ein schönes Kernkörperchen. Die mit Osmiumsäure sichtbar gemachte Kernspindel zeigt sehr breite Pole, relativ zarte Kernplatte, scharf markirte Spindelfasern (Fig. 134, Taf. V). In dem bereits zweizelligen Embryosack, Fig. 135, sind die beiden Zellkerne in Ruhe nach dem frischen Object dargestellt. In dem ebenfalls noch zweizelligen, mit Osmiumsäure behandelten Embryosack, Fig. 136, ist, in der unteren Zelle, das Auseinanderweichen der beiden Kernplattenhälften zu sehen, in der oberen Zelle die beginnende Differenzirung der

---

1) Vergl. Befr. u. Zellth. p. 84. Jenaische Zeitschr. Bd. XI, p. 516.

Schwesterkerne und die Bildung der Zellplatte in den Verbindungsfäden. Diese überspannen, sich seitlich ausbreitend, den Querschnitt der Zelle. Weitere Quertheilungen folgen in derselben Weise, dann Längstheilungen und zwar zunächst in den mittleren Zellen. Nach dem dritten oder vierten Theilungsschritte schwinden im hinteren Ende des Embryosacks die Gegenfüsslerinnen.

Ein anderes Beispiel für Theilung frei angelegter Endospermzellen entnehme ich einer Monokotyledonee: Nothoscordum fragrans. Diesen Fall habe ich bereits in der botanischen Zeitung [1]) beschrieben, doch wird man die Figuren hier alle durchgesehen, zum Theil verbessert, zum grossen Theil durch andere ersetzt und vermehrt finden. Trotz einiger Unterschiede im fertigen Aussehen der Kernspindel sind die ihrer Bildung vorausgehenden Zustände in vieler Beziehung ähnlich denjenigen bei Leucoium, Lilium und Galanthus.

Wie bei Corydalis, so kann man auch hier in einem und demselben Embryosack oft alle Zustände der Zelltheilung neben einander vorfinden.

Der in Ruhe befindliche Zellkern (Taf. VII, Fig. 2) führt, an Alkohol-Präparaten betrachtet, ein oder mehrere Kernkörperchen und ausserdem einen ziemlich grobkörnigen Inhalt. Wie früher bei Lilium ist es hier meist schwer zu sagen, wie weit die Körner des Inhalts noch zu den Kernkörperchen zu rechnen sind. Der Zellkern nimmt an Grösse zu (Fig. 3) und man bemerkt, wie gleichzeitig die Körner in seinem Innern zu kurzen, mehr oder weniger schlangenartig gewundenen Fäden verschmelzen. Die Kernkörperchen hängen mit den gewundenen Fäden zusammen (Fig. 4). Die beiden Zellen in Fig. 5 zeigen etwas weiter vorgerückte Stadien; ebenso Fig. 6, in der, wie in Fig. 5 rechts, der Kern sich gestreckt hat und seine Kernkörperchen in die gewundenen Fäden hat aufgehen lassen. Fig. 7 zeigt den Zellkern in noch stärkerer Streckung, fast in spindelförmiger Gestalt. Die Fäden verrathen in diesem Falle die Neigung zu schwach schraubenförmiger Anordnung, während ich sie in anderen Zellen auch mehr oder weniger parallel zur Längsaxe des Kerns angeordnet fand. Die Kernwandung wurde bereits zum Theil in Fig. 6 mit in die Fadenbildung gezogen; endlich geht sie vollständig in den Fäden auf. Dies kann zu Bildern führen wie Fig. 8, wo die Kernfäden

1) 1879 Sp. 276.

stark divergiren und das umgebende Plasma zwischen dieselben dringt. Auf Zustände, wie Fig. 7 oder 8, folgen alsbald Stadien wie sie die beiden Zellen in Fig. 9 zeigen, weiterhin die ausgebildete Kernspindel (Fig. 10). Die Kernplatte derselben besteht nicht aus einer einfachen Reihe, sondern aus einer unregelmässigen Anhäufung kurzer, mehr oder weniger gekrümmter Stäbchen (Fig. 10). Die Spindelfasern sind zarte nach den Polen hin convergirende Fäden. Nur die Elemente der Kernplatte nehmen Farbstoff auf, die Spindelfasern nicht. Es ist augenscheinlich, dass sich hier alle, den Mutterkern zuvor füllenden, in ihrer ganzen Masse tingirbaren Fäden, zur Bildung der Kernplatte nach dem Aequator zurückgezogen haben.

Die ganze Kernspindel erscheint in dem umgebenden Plasma, das namentlich an ihren Polen angesammelt ist, suspendirt. Es folgt hierauf die Theilung der Kernplatte, die Elemente derselben weichen in entgegengesetzter Richtung auseinander. Die Körner der Kernplatte haben sich dabei zum Theil gestreckt und in der Mitte eingeschnürt, zum Theil sind sie in ihrer ganzen Masse auf die eine oder die andre Kernplattenhälfte übergegangen. Alle nehmen sie jetzt verlängerte Stäbchensporen an. Bei weiterem Auseinanderweichen der Kernplattenhälften bemerkt man Verbindungsfäden, welche zwischen derselben zurückbleiben. Nur einzelne dieser Fäden sind aus der Substanz der Kernplattenelemente erzeugt, die übrigen bestehen aus nicht tingirbarer Substanz und entsprechen sicher den Spindelfasern. In der That ist es hier leicht zu constatiren, dass sich die Elemente der Kernplattenhälften beim Auseinanderweichen immer mehr den Polen der Spindel nähern (Fig. 11. 12. 13). Die Länge der ganzen Spindel nimmt auch vorerst nicht zu, und die Spindelfasern werden an der Polseite der Kernplattenhälften immer kürzer. Deutlich lassen sich in besonders günstigen Fällen einzelne Spindelfasern von einem Pol zum andern, zwischen den Kernplattenelementen verfolgen. Die aus den Elementen der Kernplatte gebildeten Fäden sind bald beiderseits eingezogen worden. Die den Polen zugekehrten Enden der Stäbchen werden einander dann bis zur Berührung genähert und verschmelzen hier mit einander (Fig. 15). Bald erfolgt Annäherung und Verschmelzung auch an der äquatorialen Seite. An Alkohol-Präparaten erscheinen nun die jungen Kernanlagen fast homogen und nur geringe Unterschiede der Dichte verrathen die Zusammensetzung aus Stäbchen Es scheint auf diesem Zustande der Alkohol besonders contrahirend zu wirken.

Wie dem auch sei, sicher ist, dass die Stäbchen sich einander seitlich bis zur Berührung nähern (Fig. 16) und eine gemeinsame zusammenhängende Wandung von denselben abgehoben wird. Die Verbindungsfäden zeigen zunächst noch geringe Divergenz, die Zellplatte fehlt. Bald wird dieselbe aber angelegt in Gestalt einer Reihe rasch anwachsender, hier relativ gross werdender Körnchen (Fig. 17. 18. 19). Mit Jod gelingt es oft, ganz unzweifelhaft, sich von der Blaufärbung dieser Körnchen zu überzeugen. Carminlösungen nehmen die Körnchen nicht auf. — Nachdem die Kernwandung gebildet worden ist, weichen die Substanztheile der Tochterkerne wieder seitlich auseinander. So erscheint jede Anlage von parallel zu einander laufenden Balken durchsetzt. Die Zwischenräume sind mit Kernsaft erfüllt (Fig. 19, Taf. VII, Fig. 21, Taf. VIII). Bei fortgesetzter Grössenzunahme der Kerne beginnen die Balken rosenkranzförmig zu werden, an einzelnen Stellen aber besonders anzuschwellen (Fig. 22). Schliesslich zerfallen die Balken in einzelne Körner; die stärkeren Anschwellungen wachsen zu Kernkörperchen aus (Fig. 23 u. 24). Die Verbindungsfäden zwischen den Zellkernen sind inzwischen immer zahlreicher geworden, jedenfalls durch Substanzaufnahme aus dem umgebenden Plasma, und weiten sich seitlich immer mehr aus (Fig. 19—20), bis dass der Querschnitt der Zelle überspannt ist. In demselben Maasse wächst die Zellplatte und zwar, wie es scheint nur an ihren Rändern. Erst wenn sie das ganze Zelllumen durchsetzt, bildet sich an ihr eine Cellulosewand. Diese junge Wand ist sehr quellbar (Fig. 21), so dass die Verbindungsfäden nunmehr in den Präparaten, durch einen breiten, scheinbar mit farbloser Flüssigkeit erfüllten, äquatorialen Spalt durchsetzt werden. Nach seinen Rändern zu verengt sich dieser Spalt, die Quellbarkeit der jungen Wandung nimmt in der Nähe der Mutterzellwand ab. Diese Quellbarkeit der jungen Cellulosewand erlaubt es hier aber leicht festzustellen, dass die Verwandlung der Elemente der Zellplatte in dieselbe, wie bereits gesagt wurde, erst erfolgt wenn der ganze Querschnitt der Zelle überspannt ist. Nach Anlage der Scheidewand sieht man die Kerne sich derselben nähern, fast bis zur Berührung (Fig. 22. 23. 24). Die Verbindungsfäden schwinden allmälig und sind schliesslich nicht mehr nachzuweisen.

In seiner neusten Abhandlung [1]) beschäftigt sich Flemming auch mit Pflanzenzellen und giebt einige Abbildungen von Nothoscor-

1) Archiv f. mikr. Anat. Bd. XVIII, p. 151, 1880.

dum fragrans und Allium odorum. Die Bilder von Nothoscordum stammen aus dem Endosperm, diejenigen von Allium aus der Peripherie des Fruchtknotens. Flemming geht von dem Gesichtspunkte aus, dass die Kerntheilung pflanzlicher Zellen mit dem Schema übereinstimmt das er bei Salamandra für die Kerntheilung thierischer Zellen aufgestellt hat. Der Kern soll auf keinem Stadium distincte Körner aufweisen, vielmehr wo man solche zu sehen meint, handle es sich immer um optische Durchschnitte von Fäden. Die Kernplatte besteht stets aus zwei Systemen getrennter Fäden, „eine Continuitätstrennung der Fäden beider Tochterkerngruppen findet von diesem Stadium aus nicht mehr statt, sie hat schon vorher stattgefunden: nur kann allerdings eine temporäre Verschmelzung, und dann Trennung von Fadenenden jetzt stattfinden“ [1]. Auch sollen in dem Mutterkern die Formen: Knäuel-Stern-Aequatorialplatte auf einander folgen, in den Tochterkernen andererseits umgekehrt: Aequatorialplatte-Stern-Knäuel. Verschmelzungen der Fäden finden nirgends statt. Längsspaltungen der Fäden gelten auch für das Pflanzenreich.

Dieser Auffassung entsprechen Flemming's Figuren, von denen die eine (Fig. 19, Taf. VIII l. c.) zeigen soll, dass der scheinbar körnige Zustand in Wirklichkeit optische Durchschnitte von Fäden zeigt. Im Text sagt Flemming aber selber, dass die Entscheidung hierüber an diesen Kernen unmöglich sei [2]. Die Figuren 21 und 22 l. c. sollen uns weiter die Sternform des Mutterkerns vorführen. Ich erblicke hingegen in der Fig. 22 nur einen Fall, wo die Elemente der Kernplatte stark seitlich aus den Spindelfasern hervorgetreten und sich radial ausgebreitet haben. Die Spaltung der Fäden, die Flemming für Fig. 21 angiebt, habe ich bisher nicht beobachten können und Flemming sagt auch selber „dass sie viel undeutlicher als bei thierischen Zellen sei“ [3]. Den Zustand den Flemming als Aequatorialplatte bezeichnet und in Fig. 23 l. c. abbildet, würde ich als Beginn des Auseinanderweichens beider Kernplattenhälften deuten. Hier hat eine Spaltung der Kernplatte eben stattgefunden und ihre beiden Hälften sind nun scharf gegen einander gesondert. Im Uebrigen giebt Flemming an: dass er die Verhältnisse in dieser Figur nur so dargestellt hat wie sie ihm „zu sein scheinen und wie sie jedenfalls sein können. Sie liegen schon zu sehr an der Grenze des

1) l. c. p. 179.
2) l. c. p. 178.
3) l. c. p. 182.

Erkennbaren, als dass man dies behaupten könnte"[1]). Das die Fäden „zu einer Schleife geknickt sein, die den Umbiegungswinkel nach dem betreffenden Pol kehrt" wie es Flemming für einen Theil der Fäden hier abbildet, habe ich, wenigstens in solchem Maasse, nicht gesehen. Die Tochtersterne die Flemming in Fig. 24 abbildet, sind von den Polen aus gesehene Tochterkernanlagen, was ja Flemming in der Figurenerklärung selber angiebt. Die Sternform kommt hier also dadurch zu Stande, dass die Tochterkernfäden an ihren Polenden convergiren. Diese Sternfiguren sind doch nicht ohne weiteres denjenigen zu vergleichen, die Flemming für Salamandra in Seitenansicht der Tochterkernanlagen erhält, wo die Fäden so weit sich nach rückwärts umgebogen haben, dass sie allseitig radial um den früheren Pol gruppirt sind[2]).

Hinzufügen will ich nur dass ich auch zahlreiche Kerntheilungen im Endosperm von Allium odorum studirt habe und die Bilder fast völlig übereinstimmend mit Nothoscordum fragrans fand.

Ein Theil der hier hervortretenden Unterschiede zwischen Flemming und mir gleicht sich dadurch aus, dass wir verschiedene Zustände mit den gleichen Namen, respective dieselben Stadien mit verschiedenen Namen belegen. So nennt Flemming Kernplatte (respective Aequatorialplatte) hier ein Stadium dass ich als beginnendes Auseinanderweichen der Kernplattenhälften bezeichne, andrerseits flache Sternform (Fig. 22), was für mich eine Kernspindel ist. Nun bin ich an diesen Verwechselungen in sofern auch schuld als ich bei Tradescantia ebenfalls mit der Bezeichnung Kernspindel (respective Kerntonne) den Zustand beginnenden Auseinanderweichens der Kernplatte belegt hatte.

In den Endospermzellen von Ephedra spielt sich die Zelltheilung ganz wie bei Corydalis ab, nur sind die betheiligten Elemente kleiner. Zur Zeit der Befruchtung lässt sich dann aber ein sehr eigenthümlicher Vorgang beobachten. In dem oberen Theile des Nucellus und auch in dem oberen Theile des Endosperms, noch tiefer hinab als die Archegonien reichen, sieht man die Kerne der Zellen sich durch Theilung vermehren. Die Theilung geschieht in gewohnter Weise; es werden auch Verbindungsfäden und Zellplatten angelegt. Doch reichen letztere nicht durch den ganzen Querschnitt der Zelle, werden auch nicht er-

1) l. c. p. 179.
2) z. B. in Fig. 15c und d derselben Tafel.

gänzt, vielmehr rückgebildet, verschluckt durch das umgebende Protoplasma. Es bleibt hier meist bei der ersten Theilung und wir sehen somit Zellen die zwei Zellkerne führen. Diese Zellkerne berühren sich oft, können aber auch frei und entfernt von einander liegen. In manchen Fällen wiederholt sich die Theilung und vier Kerne sind in der Zelle zu finden; sie berühren sich für gewöhnlich und bilden eine Reihe oder eine Gruppe, können aber auch frei von einander sein. Im Umkreis der trichterförmigen Vertiefung des Nucellus, welche die Pollenkörner aufgenommen hat, werden die Zellen desorganisirt; die Zellkerne erscheinen stark lichtbrechend, fettglänzend und verschmelzen schliesslich zu einer formlosen Masse. In den Endospermzellen treten bald nach der Befruchtung Stärkekörner in grosser Anzahl auf; zwischen diesen sind die Zellkerne meist aufzufinden, sie gehen erst mit der ganzen Zelle zu Grunde, wenn dieselbe bei fortschreitender Entwicklung des Embryo aufgelöst wird. In den inhaltreichen Endospermzellen: den Tapetenzellen welche unmittelbar die Archegonien umgeben, kann man die meist zur Zweizahl vermehrten Kerne alsbald in allen Stadien rückgängiger Verschmelzung vorfinden. Die Verschmelzung eilt nur kurz der Resorption der betreffenden Zellen voraus. Die Verschmelzung erfolgt nicht anders als wie bei Corydalis, die Bilder erweckten aber vor Jahren in mir die Vorstellung, dass es sich hier um Theilung der Kerne handle [1]). Auch in den entlegeneren Endospermzellen findet man nicht selten Verschmelzungsbilder, im allgemeinen nähern sich hier aber die Kerne nur bis zur Berührung, oder verschmelzen doch nur zum Theil seitlich, ohne vollständig in einander aufzugehen, wie dies in den erwähnten Tapetenzellen der Fall ist.

Auch bei verschiedenen Coniferen hatte ich bereits Gelegenheit zur Zeit eintretender Keimbildung, ähnliche Kernvermehrung und Kernverschmelzung zu beobachten. Diese Beobachtungen bestärken mich in der Ansicht, dass Kernverschmelzungen überhaupt sehr leicht vor sich gehen können.

Sehr instructiv fand ich den Theilungsvorgang in den Zellen der Keimanlage von Phaseolus multiflorus [2]). Die Zellkerne sind hier nämlich, im Verhältniss zur Grösse der Zellen, relativ

---

1) Coniferen und Gnetaceen p. 65.

2) In den beiden ersten Auflagen dieses Buches als Theilung der Endospermzellen von Phaseolus beschrieben, II. Aufl. p. 113.

sehr klein und haben die Verbindungsfäden daher einen weiten Weg zurückzulegen, bis dass der ganze Querschnitt der Zelle durchsetzt ist.

Der Zellkern liegt in wenig Protoplasma eingebettet, der Wand der Zelle an. Er besitzt, in Alkohol-Präparaten beobachtet, im Ruhezustand eine scharf gezeichnete Wandung, führt ein grosses Kernkörperchen sonst nur wenig feinkörnigen Inhalts (Fig. 35, Taf. VIII). Hierauf durchläuft er ähnliche Veränderungen wie ich sie für Agrimonia Eupatoria (Taf. I, Fig. 10) geschildert habe, um die Spindelform (Taf. VIII, Fig. 25) zu erreichen. Die Elemente der Kernplatte sind ziemlich gross, die Spindelfasern schwer zu sehen. Das Auseinanderweichen der beiden Kernplattenhälften erfolgt in gewohnter Weise (Fig. 26); ebenso auch die Anlage der jungen Tochterkerne (Fig. 27, obere Zelle, Fig. 28). In den Verbindungsfäden wird hierauf die Zellplatte angelegt (Fig. 29). Diese setzt einseitig an die Mutterzellwand an und durchmisst nur einen kleinen Theil des Zelllumens. Der fehlende Theil muss ergänzt werden; dies erfolgt durch Wachsthum des Fadencomplexes an seinen freien Rändern. Hier nimmt die Zahl der Fäden zu (Fig. 27, untere Zelle, Fig. 30, 31). In den wachsenden Theilen wird die Zellplatte ergänzt. Es entstehen ganz eigenthümlich aussehende Complexe von Verbindungsfäden die das Zelllumen durchsetzen. Die fortwachsenden Ränder des Complexes sind auch besonders inhaltreich. Schliesslich ist der ganze Querschnitt der Zelle überspannt (Fig. 33). Die Zellkerne haben während dieses Wachsthums des Fadencomplexes ihre ursprüngliche Lage fast unverändert behalten (Fig. 30, 31), nur ausnahmsweise folgen sie dem wachsenden Rande. Die Bildung der Cellulose-Wand aus den Elementen der Zellplatte findet meist erst statt, wenn der ganze Querschnitt überspannt ist, in besonders weiten Zellen scheint sie auch der Wachsthumsrichtung der Fäden folgen zu können und zu beginnen bevor die ganze Zellplatte fertig ist. Während des fortschreitenden Wachsthums des Fadencomplexes werden die jungen Zellkerne einander und der jungen Scheidewand genähert, sie erscheinen jetzt in den Fadencomplex eingebettet und von der Mutterzellwand, der sie anlagen, mehr oder weniger entfernt. Ist die Scheidewand aber fertig, so schwinden die Verbindungsfäden; ihre Substanz wird vielleicht mit zur Ernährung der Zellkerne verbraucht. Man sieht sie an Masse abnehmen (Fig. 34) und den fertigen Zellkernen so wie der neu angelegten Scheidewand lagert schliesslich nur ganz wenig Protoplasma an

(Fig. 35). Die Zellkerne sind aber so ziemlich in die Mitte der neuen Scheidewand gerückt.

Es schien mir von Interesse den Vorgang der Zelltheilung auch in Fällen abnormer Gewebewucherung zu studiren; ich wählte zur Untersuchung die Blattkissen der von Chermes befallenen Fichtenzweige.

Junge Triebe von Picea alba, welche eben beginnende Anschwellung am Grunde der Nadeln, hier und da auch schon schwache Röthung an diesen Stellen zeigten, wurden Anfang Mai in absoluten Alkohol eingelegt. Die Untersuchung zeigte, dass die mit Stärke reichlich erfüllten, mit ziemlich derben Wänden schon versehenen Parenchymzellen sich vielfach wieder zu theilen beginnen. Der Theilungsvorgang ist ein durchaus normaler. Die Kernspindel stimmt im Wesentlichen mit der bei der Endospermbildung von Picea geschilderten überein. Die Kernplatte giebt beiderseits polwärts gerichtete Fortsätze ab, die nur schwach convergiren. Zwischen den auseinanderweichenden Kernhälften wird ein Complex zahlreicher Verbindungsfäden gebildet, der, die Stärkekörner seitlich auseinanderdrängend, schliesslich den ganzen Querschnitt der Zelle durchsetzt.

Ein sehr wichtiges Object für das Studium der Zelltheilung sind mir die Staubfädenhaare von Tradescantia geworden. Ich habe über ihr Verhalten bereits an andern Orten berichtet[1]), wiederhole hier die Schilderung und gebe derselben die nöthigen Abbildungen bei.

Untersucht wurden die Staubfädenhaare von Tradescantia virginica L. und diejenigen von Tradescantia elata Lodd.

Diese Haare hat schon im Jahre 1844 Naegeli[2]), dann im Jahre 1849 Hofmeister[3]), endlich im Jahre 1867 Weiss[4]) zum Studium der Zelltheilung benutzt.

Naegeli schildert bei diesen Haaren die direkte Theilung des „Kernbläschens" durch eine Querwand in zwei Bläschen.

Hofmeister giebt an, dass nach der Resorption der Membran des Zellkerns, dessen Inhalt, hier in relativ auffälliger Weise, im Mittelpunkt der Zelle, als länglich-runde, membranlose Schleimmasse liegen bleibt. Diese Schleimmasse theilt sich hierauf in

1) Szbr. der Jenaischen Gesell. f. Medicin und Naturwiss. Jahrg. 1879. Szg. vom 18. Juli.

2) Zeitschrift f. wiss. Bot. Heft I, 1844, p. 67 und Heft III, 1846, p. 102.

3) Entstehung des Embryo der Phanerogamen. 1849, p. 8.

4) Die Pflanzenhaare in Karsten's Bot. Unters. Bd. I, p. 369.

zwei kugelige Ballen, deren jeder einige Kernchen erhält und sich nach aussen mit einer Membran umgiebt. Zwischen beiden Zellkernen, oft nachdem sie sich ziemlich weit von einander entfernt haben, soll plötzlich die Scheidewand als zarte Linie auftreten. Diese Beschreibung findet sich in Hofmeister's bahnbrechendem Werke über die Entstehung des Embryo der Phanerogamen (p. 8) und dort sind auch auf Taf. XIV einige Stadien des in Frage stehenden Vorgangs abgebildet. Es hat neuerdings Treub mit Recht darauf hingewiesen, dass einige dieser alten Hofmeister'schen Figuren sich dem richtigen Sachverhalt bedeutend nähern; freilich aber nur die Abbildungen der Zustände nach vollendeter Kerntheilung.

Ich selbst hatte die Haare der Tradescantia im Jahr 1875 zunächst nur an Alkohol-Material untersuchen können; die damals gemachten Wahrnehmungen erweckten aber in mir bereits die Vermuthung, es würden diese Haare ein besonders günstiges Object für die unmittelbare Beobachtung der Zelltheilung abgeben. Daher empfahl ich dieses Object wiederholt zum Studium.

Der Kern in den Zellen der Tradescantia-Haare bleibt im ganzen Verlauf seiner Theilung deutlich sichtbar, und lässt alle Stadien seiner Differenzirung deutlich erkennen, ohne dass auch nur die Anwendung chemischer Reagentien nothwendig wäre. Ich konnte feststellen, dass in 1 % Zuckerlösung (Rohrzucker in destillirtem Wasser) die Haare sich besonders lange am Leben erhalten lassen. Ein Theil der Haare stirbt freilich schon bei der Uebertragung aus der Blüthenknospe in die Lösung ab, diejenigen Haare aber, welche diese Manipulation gut überstanden haben, können wohl an 12 Stunden in der Lösung functionsfähig bleiben. Hingegen war die von Treub angewandte Salpeterlösung für die Tradescantia-Haare nicht zu brauchen.

Kerne in Theilung trifft man an hinreichend warmen Tagen, wenn man die Haare etwa 5 Mm. hohen Blüthenknospen entnimmt, wohl stets in Mehrzahl an. Ich führte die Beobachtungen in feuchten Kammern aus, und zwar dienen mir als solche angefeuchtete Papprahmen. Auf das Deckglas wird ein Tropfen der Zuckerlösung gebracht und flach ausgebreitet, hierauf die ganzen Staubblätter aus der Blüthe befreit und in die Zuckerlösung gebracht. Man muss dafür sorgen, dass die Haare in der Lösung untergetaucht werden. Das Deckglas wird nun umgewendet und mit den Rändern auf den Papprahmen gelegt. In dem nunmehr suspendirten Tropfen kommt stets eine grössere Anzahl Haare

so nahe dem Deckglas zu liegen, dass deren Studium selbst mit dem Immersionssystem J. von Zeiss (550fache Vergrösserung mit Ocular 2) möglich ist.

Da man auf Theilungszustände fast sicher rechnen kann, diese hier aber sehr leicht zu sehen sind, so empfehle ich das bezeichnete Object für Demonstrationen in Kursen und Vorlesungen.

Von den zahlreichen Bildern die ich von Tradescantia entworfen habe, bringe ich hier nur relativ wenige zur Veröffentlichung.

Die Zellkerne der noch theilungsfähigen Zellen der Tradescantia-Haare haben im Ruhezustand einen Durchmesser von etwa 0,018 Mm., sind somit von ansehnlicher Grösse. Die Zellkerne der nicht mehr theilungsfähigen Zellen stehen ihnen etwas an Grösse nach. Es theilt sich vorwiegend die Endzelle, nicht selten auch die darauf folgende Zelle, relativ selten die vom Scheitel des Haares entfernteren Zellen.

Das Protoplasma der Zellen führt nur feine Körnchen, nichts stört somit die Beobachtung.

Die Zellkerne erscheinen in ihrer ganzen Masse scharf und fein punktirt (Taf. VIII, Fig. 36, untere Zelle). In dieser Zeichnung möchte ich den Ausdruck einer fein-netzförmigen Structur der Kerne, resp. einer entsprechenden Vertheilung von Kernsubstanz und Kernsaft erblicken. Die Kernoberfläche ist nur nach aussen, nicht nach innen scharf umschrieben, eine besondere Kernwandung daher nicht vorhanden, auch mit Reagentien nicht darzustellen. Nur selten lassen sich in dem lebenden Zellkerne grössere Körner erblicken. Solche, den Kernkörperchen an Gestalt gleichende Körner sind immerhin in jedem Kern vorhanden und treten in absterbenden oder mit Reagentien behandelten Kernen deutlich hervor. Durch Jodlösungen werden sie blau gefärbt und lassen sich somit als Stärkekörner erkennen. Uebrigens ist dieser Nachweis nicht eben leicht zu führen, weil die Färbung der Kernsubstanz diejenige der Stärkekörner verdeckt.

Der zur Theilung sich anschickende Zellkern beginnt zunächst zu wachsen (Fig. 36, obere Zelle). Dabei nimmt sein Durchmesser, in der Richtung der Längsaxe der Zelle, oft fast bis auf das Doppelte zu. Es können wohl zwei bis drei Stunden vergangen sein, bis er diese Grösse erreicht hat.

Eine Vergrösserung des Zellkerns rechtwinkelig zur Längsaxe der Zelle ist nicht wohl möglich, da der Durchmesser des

Zellkerns von Anfang an, mehr als zwei Drittel des Durchmessers der Zelle beträgt.

Hat der Zellkern die bestimmte Länge erreicht, so werden Veränderungen in seinem Inhalte sichtbar. Bis zu diesem Augenblicke war der Zellkern fein und gleichförmig punktirt geblieben, nun wird er grobkörniger (Fig. 37. 38) und beginnen seine Körner alsbald sich in Linien anzuordnen, welche immer deutlicher hervortretend, meist in schräger Richtung und mit mehr oder weniger S-förmiger Krümmung, den Zellkern durchsetzen. Dabei geht die scharfe Umgrenzung der Kerne verloren; die Stärkekörner in ihrem Innern werden aufgelöst (Fig. 39). Das Plasma der Zelle fängt gleichzeitig an sich deutlich an den beiden Polen des Zellkerns zu sammeln.

Von dem Beginn des Wachsthums bis zur Ausbildung des letztgeschilderten Zustandes sind 3 bis 4 Stunden verflossen. Die folgenden Stadien bis zur Ausbildung der Tochterzellkerne nehmen aber nicht viel mehr als etwa zwei Stunden in Anspruch. Die Körner in den Streifen verschmelzen zunächst unter einander, wobei aber die Streifen noch einen perlschnurförmigen Contour behalten (Fig. 40). Dann glätten sich die Contouren der Streifen; dieselben strecken sich annähernd gerade in der Gegend der Pole, während sie im Aequator eine mehr oder weniger starke Krümmung beibehalten (Fig. 41). Mit Reagentien behandelte, oder in der Zuckerlösung auf diesem Zustand absterbende Kerne zeigen oft Bilder in Gestalt einer 8 (Fig. 56 A, Taf. VIII). Die Streifen laufen mehr oder weniger continuirlich von einem Pol des Kerns zum andern, oder sie besitzen auch nur eine geringere Länge (Fig. 41).

Dieses Stadium bezeichne ich jetzt als das Stadium der Kernspindel, es entspricht augenscheinlich den so bezeichneten Stadien bei Lilium, Leucoium und Galanthus.

Die Ansammlung des Zellplasma an den beiden Polen des Kerns ist nach diesen Stadien sehr ausgeprägt. In der Endzelle ist diese Ansammlung deutlicher an dem vorderen als an dem hinteren Pole.

Aus diesen Spindelstadien geht in kurzer Zeit dasjenige hervor, in welchem beide Kernspindelhälften bereits gegen einander gesondert sind (Fig. 42, 49). Letzterer Zustand kann sehr rasch durchlaufen werden und ist dann weniger ausgeprägt (Fig. 42), oder der Kern ruht jetzt eine Weile auf demselben aus, Fig. 49. Der Kern besteht dann aus zwei deutlichen Hälften. Jede Hälfte

wird von Stäbchen gebildet, die vom Pol bis zum Aequator laufen, oder auch kürzer sein können. Die Stäbchen convergiren etwas nach dem Aequator hin, in die Ansammlung aus Zellplasma tauchend.

Baranetzky hat neuerdings wohl diesen Zustand abgebildet [1]), doch sieht sein Bild nicht unwesentlich anders als die meinigen aus, vielleicht hat er die Kernfigur nicht im optischen Durchschnitt wie ich, sondern körperlich darstellen wollen? Auch seine Bilder der jüngeren und der älteren Stadien (Fig. 1, 3 u. 4 l. c.) sind von den meinigen abweichend.

Um aus dem Kernspindelstadium in das eben geschilderte zu treten, müssen diejenigen Plasmastränge im Kern, welche den Aequator durchsetzen, an dieser Stelle durchgeschnürt werden. Läuft der Zustand des ersten Trennungsstadiums übrigens so rasch ab wie in der durch die Figuren 39—48 versinnlichten Entwicklungsserie, so greift das eine Stadium in das andere über und bevor die beiden Kernhälften in der Kernspindel einander völlig gesondert gegenüberliegen, beginnt das Auseinanderweichen dieser Kernhälften. Sind die beiden Kernspindelhälften scharf gesondert worden, so folgen die Stadien wie in der Serie 49, 50 (auch der Fig. 57 a). Die Stäbchen der von einander weichenden Kernhälften spreizen an der Aequatorialseite auseinander (Fig. 50). Wird hingegen wie in der Serie 42, 43 der Spindelzustand rasch durchlaufen, haben sich die Spindelhälften vor Beginn des Auseinanderweichens nicht scharf gegen einander gesondert, so biegen auch die Stäbchen an den äquatorialen Enden nicht seitlicher aus, krümmen sich vielmehr während des Auseinanderweichens gleich nach innen, so dass die Figur den Contour einer 8 erhält (Fig. 43). In solchem Falle findet die Durchbrechung einzelner Stäbchen im Aequator auch noch während des Auseinanderweichens statt; einzelne Theile werden den anderen nachgezogen (Fig. 43). Die in den beiden Hälften schon gesonderte Spindel (wie Fig. 49) erinnert hier auffallend an die von Flemming an dem Hautepithel der Salamandra-Larven entnommenen Bilder [2]). Die Kernspindel in den Staubfäden-Haaren von Tradescantia scheint nur aus einer Art Elemente, den relativ dicken Stäbchen aufgebaut zu sein, die sich stark tingiren und jedenfalls als Kernplattenelemente anzusprechen sind. Von Spindelfasern ist nichts

1) Bot. Zeitung 1880, Taf. V, Fig. 2.

2) 3a, 4f, 6, Taf. XVI. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XVI, 1879.

zu sehen und sind dieselben auch durch chemische Mittel nicht nachzuweisen, immerhin muss ich annehmen, dass sie, oder doch eine ihnen entsprechende Substanz, in den Zwischenräumen der Stäbchen liegen. Das geht aus dem weiteren Verhalten beim Auseinanderweichen hervor.

Während die Vorgänge bis zur Spindelbildung so langsam ablaufen, dass die Veränderungen an den Bildern nicht direct zu verfolgen sind, verfliessen vom Beginn des Auseinanderweichens bis zur Bildung der Scheidewand der Zelle nicht mehr als 15 Minuten. Zur Demonstration des Theilungsvorgangs wären somit Stadien kurz vor Beginn des Auseinanderweichens zu wählen.

Zwischen den auseinanderweichenden Kernplattenhälften bleibt augenscheinlich eine plasmatische Substanz zurück, aus der sich die Stäbchen beiderseits zurückziehen. In den meisten Zellen wird sie von umgebenden Körnchen mehr oder weniger verdeckt (Fig. 43, 50), in sehr körnchenarmen Zellen ist sie als glashelle Masse sichtbar (Fig. 57 b). In lebenden Zellen ist eine etwaige Streifung nicht zu sehen, auch nicht bei Anwendung von 1 % Osmiumsäure, mit 1 % Chromsäure oder Alkohol treten hingegen die Streifen deutlich hervor. Besonders schön werden sie sichtbar bei Einwirkung von einprocentiger, mit Anilin gefärbter Essigsäure. Meyzel machte mich gelegentlich auf die Vorzüge dieses Reagens auch für Pflanzenzellen aufmerksam. Ich wende die Essigsäure, mit Metylgrün versetzt, an. Die Verbindungsfäden zwischen den Kernhälften werden jetzt sehr deutlich (Fig. 57 c), färben sich aber nicht, während die Stäbchen der Kernplattenhälften reichlich Farbestoff aufspeichern. Wie die Figur 57 c zeigt, sind die Verbindungsfäden zunächst wenig zahlreich, und einander parallel. Bald aber nehmen sie an Zahl zu, breiten sich seitlich aus, verdrängen die umgebenden Körnchen (Fig. 44, 51) und werden nun auch in der lebenden Zelle sichtbar in Gestalt einer, zwischen den beiden Kernanlagen auftauchenden, biconvexen, glashellen Linse. Die Substanz dieser glashellen Linse dürfte nun vorwiegend aus dem seitlich angrenzenden Plasma stammen. Im Aequator der glashellen Linse werden, während ihres seitlichen Auswachsens, kleine dunkle Körnchen sichtbar, welche zu einer einfachen Schicht angeordnet, die Zellplatte bilden (Fig. 44, 51). Entsprechende Reagentien zeigen jetzt das für Pflanzenzellen gewohnte Bild eines biconvexen, an die Tochterkern-Anlagen anschliessenden Complexes von Verbindungsfäden mit Zellplatte.

Der Ursprung der kleinen Körnchen, welche die Zellplatte bilden, ist nicht sicher festzustellen; es sieht aus, als wenn sie an Ort und Stelle entständen, denn sie werden allmälig deutlicher. Anderweitige kleine Körner, welche man in geringer Zahl innerhalb der glashellen Substanz sieht, dürften immerhin das Material für deren Bildung hergeben. Die Zellplatten-Elemente verschmelzen seitlich rasch zu einer homogenen, zusammenhängenden Haut, der Cellulose-Haut (Fig. 45, 52). Dabei erfahren sie jedenfalls eine chemische Umwandlung. Der linsenförmige Körper nimmt auch nach seiner vollen Ausbildung meist nicht den ganzen Querschnitt der Zelle ein (Fig. 45, 52). Er erscheint der einen Seite der Zellwand angedrückt und bewegt sich hierauf zu der entgegengesetzten. Manchmal kann der Vorgang sehr auffallend werden, dann nämlich, wenn die Breite der glashellen Linse gegen die Breite der Zelle bedeutender zurücktritt. Ich beobachtete einen Fall, in welchem sich der linsenförmige Körper deutlich von der, an der einen Seite der Zelle schon gebildeten Scheidewand zurückzog, um die entgegengesetzte Seitenwand zu erreichen. Die angelegte Scheidewand zeichnet sich als scharfe, schwarze Linie. Ist dieselbe fertig gestellt, so beginnt sich alsbald die Substanz des linsenförmigen Körpers zu trüben; seine scharfen äusseren Contouren gehen verloren.

Die Ausbildung der beiden Schwesterkerne schreitet rasch fort. Schon während des Auseinanderrückens verbinden sich die Stäbchen an ihrer Polseite, gleich nachher haben sie sich mit ihrer ganzen Länge aneinandergelegt und beginnen vollständig zu verschmelzen. Die der Anordnung dieser Stäbchen entsprechende Streifung bleibt noch etwa eine halbe Stunde lang, zuletzt nur noch in Spuren, sichtbar. Mit dem Schwinden der Streifung erhalten die jungen Kerne hingegen ein fleckiges Aussehen, das eine noch ungleichmässige Vertheilung von Kernsubstanz und Kernsaft verräth, aber, nach einer weiteren Viertelstunde schon, der definitiven Vertheilung von Substanz und Saft, nämlich der scharfen, schwarzen Punktirung, Platz macht. Einige Stärkekörner werden dann auch hin und wieder in den Kernen sichtbar (Fig. 48). Die Kerne haben also spätestens drei Viertelstunden nach Beginn des Auseinanderweichens der Kernhälften ihren definitiven Habitus wieder erlangt. Eine rückläufige Wiederholung der Differenzirungsvorgänge des Mutterkerns war in den Tochterkernen weder im frischen Zustande, noch mit Hilfe von Reagentien nachzuweisen. Auch nimmt die ganze Ausbildung der neuen Kerne

eine halbe Stunde bis drei Viertelstunden in Anspruch, während die fortschreitenden Veränderungen im Mutterkerne drei Mal so lange andauern. Anwendung von Tinctionsmitteln gibt hier kein anderes Resultat, als wie die unmittelbare Beobachtung der lebenden Zustände.

Die jungen Kerne sind scharf gegen die glashelle, im lebenden Zustande, wie gesagt, völlig homogen erscheinende Substanz der Verbindungsfäden abgegrenzt. Dann wird aber die glashelle Substanz feinkörnig und büsst gleichzeitig auch ihre scharfe Abgrenzung ein. Zwischen ihr und den jungen Zellkernen treten oft kleine Vacuolen auf (Fig. 46), sie können aber auch wegbleiben (Fig. 53, 54). Die Verbindungsfäden schwinden ganz, deren Substanz sinkt zusammen und zieht sich an die neue Scheidewand zurück. Die jungen Zellkerne folgen ihr nach. Sie ernähren sich aus dem umgebenden Plasma und wachsen allmälig zu der Grösse des Mutterkerns an. Haben sie mehr oder weniger vollständig die junge Scheidewand erreicht (Fig. 47, 54), so beginnen sie sich von derselben wieder zu entfernen, um in die Mitte der eigenen Zellen zu rücken.

Zwei Mal gelang es mir, einen Tochterkern, welcher der Scheitelzelle bei der Theilung zugefallen war, nach annähernd acht Stunden in einer abermaligen Theilung anzutreffen, ein sicherer Beweis dafür, dass die Bedingungen, unter denen die Beobachtungen angestellt wurden, nicht ungünstige sein konnten.

Was die Wirkung der Reagentien anbetrifft, so möchte ich jetzt der einprocentigen Essigsäure, der gleichzeitig ein Anilinfarbstoff zugesetzt ist, den Vorzug geben. Das Object wird kaum verändert und gleichzeitig schön tingirt. Relativ wenig verändert auch 1 % Chromsäure die Objecte, was mit den von Meyzel und Flemming gemachten Erfahrungen übereinstimmt. Aber auch absoluter Alkohol ist, wenn er unmittelbar einwirken kann, sehr gut zu brauchen. Er ruft freilich nicht unbedeutende Contractionen, doch sonst keine wesentlichen Veränderungen hervor. Die Pikrinsäure, welche Flemming für thierische Objecte so gut brauchen konnte, hat mir nur geringe Dienste bei meinen Untersuchungen geleistet.

Es ist ebenfalls leicht in den Zellen der Antherenwandungen von Tradescantia, wie dies neuerdings auch Baranetzky hervorhob[1]), Theilungszustände der Zellkerne und Zellen anzutreffen.

1) Bot. Zeitung 1880, Sp. 242.

Fast jede junge Anthere zeigt solche. Besonders schön traten die Theilungsstadien hervor, als ich die Antheren in der einprocentigen Essigsäure mit Metylgrün zerdrückte. In bestimmten, sehr schmalen Zellen der Antherenwandung, wenn sie in zwei noch schmälere zerfallen, erreicht die Kernspindel bei geringer Höhe eine sehr bedeutende Breite, sie wird bis zwei Mal so breit wie hoch und stimmt nun noch auffallender mit den Kernspindeln aus dem Hautepithel der Salamandra-Larven überein.

In den beiden ersten Auflagen dieses Buches war nur der Theilungsvorgang bei Spirogyra nach dem Leben beschrieben worden und es war der Verdienst von Treub, zuerst den lebendigen Theilungsvorgang in den Zellen der höheren Pflanzen beobachtet zu haben [1]). Er untersuchte die Objecte in Lösungen von annähernd $1^1/_4$ Salpeter auf 100 Theile destillirten Wassers. Vornehmlich dienten ihm die Samenknospen der Orchideen zum Studium und konnte er hier die Zellen, deren Protoplasma nur einen dünnen Wandbeleg bildete, und solche, die ganz mit Protoplasma, das nur wenig Vacuolen führte, erfüllt waren, verfolgen.

Zunächst wird die Theilung beschrieben in den Suspensoren von Orchis latifolia. Die Zellen, welche den Scheitel des Fadens einnehmen, enthalten ein fein granulirtes Protoplasma, in welchem nur einige Vacuolen sich befinden. Der ebenfalls granulirte Zellkern führt nur ein sehr deutliches Kernkörperchen. Gewöhnlich theilt sich nur die terminale Zelle, von Zeit zu Zeit auch eine der andern, dem Scheitel nahe gelegenen Zellen. Treub sah einige Mal die Theilung der Kernplatte innerhalb der spindelförmigen Zellkerne. Die Kernplatte erscheint fast homogen, Streifen zwischen der Kernplatte und den Polen sind nicht zu sehen. Die Kernplattenhälften weichen auseinander, während dem werden sie breiter, doch weniger deutlich. Haben sie ihren definitiven Ort erreicht, so bilden sie je eine Masse, die nicht scharf gegen das umgebende Protoplasma abgegrenzt ist. Im Aequator zwischen den beiden jungen Kernanlagen tritt eine dünne schwarze Linie auf, die allmälig dicker und weniger schwer wird: die Zellplatte. Deren Zusammensetzung aus einzelnen Körnchen ist hier nicht zu constatiren, ebensowenig sind Fäden zwischen der Zellplatte und den jungen Kernen zu sehen. Die Zellplatte führt zur Bildung der Cellulose-Scheidewand, und zwar nimmt Treub, meinen

---

1) Quelques recherches sur le rôle du noyau dans la division des cellules végétales 1878. Natuurk. Verh. der koninkl. Akademie. Deel XIX.

früheren Angaben gemäss, an, dass sich die Zellplatte spaltet und Cellulose in die Spaltungsfläche ausgeschieden wird. — Die sich vergrössernden Zellkerne erreichen alsbald die junge Scheidewand, sie sind jetzt fein granulirt und führen je ein Nucleolus. Anwendung wasserentziehender Mittel zeigt die Bildung der Scheidewand von einer Seite gegen die andere fortschreitend [1]). Der Theilungsvorgang dauerte $4^1/_2$ bis 7 Stunden.

In den Integumentzellen junger Samenknospen von Epipactis palustris und latifolia konnte Treub besonders häufig den Theilungsvorgang verfolgen. Diese Zellen haben grosse Zellkerne mit je einem Kernkörperchen, das Protoplasma bildet nur einen dünnen Wandbeleg. Die Kerne hängen durch Fäden mit dem Wandbeleg zusammen. Es schien Treub, als sei in den sich theilenden Zellen relativ mehr Protoplasma um den Zellkern, weniger an der Wand vorhanden. Die Zellkerne die in Theilung eintreten, sollen an Stelle des einen Kernkörperchens eine Anzahl grober Körner mit deutlichem Umriss zeigen. Diese Körner wandern später nach dem Aequator des Zellkerns und bilden die Kernplatte. Der Zellkern streckt sich. In der Kernplatte kann man die einzelnen Körner bald nicht mehr unterscheiden, sie ist aber auch nicht homogen. Die Fäden zwischen der Kernplatte und den Polen des Zellkerns sind nicht zu sehen. Eine Wandung am Kern ist nicht zu unterscheiden. Die Kernplatte wird dicker und spaltet sich, die Hälften weichen auseinander, manchmal zuerst in der Mitte. In dem Maasse, als sich beide Hälften entfernen, werden sie breiter, doch weniger scharf umschrieben, sie bleiben mehr oder weniger durch unregelmässig vertheilte Streifen oder Fäden verbunden. Diese Streifen sieht man sich theilen, sich zurückziehen und den Ort verändern. Die Substanz zwischen den beiden Plattenhälften erfährt hierauf eine bedeutende seitliche Erweiterung, die Zahl der Fäden innerhalb derselben scheint gleichzeitig abzunehmen. — Wie ich annehmen muss, werden die Fäden unsichtbar in dem Maasse als sie zahlreicher und dünner werden. Bei Tradescantia war ohne Zuhilfenahme chemischer Reagentien überhaupt nichts von diesen Fäden zu sehen. — Auf die Erweiterung der Substanz zwischen den Kernanlagen soll eine Contraction derselben folgen. Die jungen Kernanlagen, die zuvor nur schwer gegen das an den Kernpolen angesammelte Plasma abzugrenzen waren, haben sich abgerundet und sind deutlicher

1) Vergl. die Figuren 1—4, Taf. I, l. c.

hervorgetreten; der Cylinder, der sie verbindet, zeigt sich nur schwach gestreift. Einige Zeit darauf sah Treub kleine, lebhaft bewegte Körnchen nach der Mitte zwischen die beiden Tochterkerne wandern. Ihren Ursprung konnte er aber nicht näher feststellen. Diese Körnchen ordnen sich, hin und her wandernd, zu einer transversalen Schicht an, die den Anfang der Zellplatte giebt. Die Elemente dieser Platte drängen sich immer mehr zusammen, so dass letztere dünner, aber dichter wird [1]).

Die Zellplatte wächst nach Treub an ihrem Rande und veranlasst so eine äquatoriale Erweiterung des die Kerne verbindenden tonnenförmigen Körpers. Sie berührt zunächst nur die eine Seitenwand der Mutterzelle; in dem Maasse, als sie nun an ihrem freien Rande wächst, sieht man den ganzen tonnenförmigen Körper, die Kerne mit inbegriffen, sich in entsprechender Richtung durch das Zelllumen bewegen, bis dass Letzteres ganz durchsetzt ist.

Die Figuren 58a, 58b und 58c Taf. VIII, die ich Treub entnehme [2]), zeigen den genannten Vorgang nach dem Leben und zwar verflossen vom Stadium 58a bis 58b eine Stunde, vom Stadium 58b bis 58c drei Stunden.

Der ganze Vorgang der Zelltheilung von Beginn des Auseinanderweichens der Kernplattenhälften bis zur Fertigstellung der Scheidewand hätte unter den gegebenen Bedingungen, nach Zeitangaben von Treub, etwa 9 Stunden in Anspruch genommen.

Es war das Verdienst von Treub das zuerst festgestellt zu haben, dass in den Zellen höherer Pflanzen die Zellplatte nur innerhalb der Verbindungsfäden gebildet, nicht aber in umgebenden Protoplasma ergänzt werden kann.

Treub unterschied gleich zwei Fälle [3]), je nachdem der sich theilende Zellkern in der Mitte der Zelle verbleibt oder sich in der Nähe der Mutterzellwand befindet. Im ersten Falle wächst die Zellplatte allseitig an ihren Rändern, der Complex der Verbindungsfäden weitet sich gleichmässig aus, und die Zellplatte erreicht so ziemlich gleichzeitig die Mutterzellwände. Im zweiten Falle berührt die Zellplatte gleich nach ihrer Anlage einseitig die Mutterzellwand, muss aber einen grossen Theil des Zelllumens durchsetzen, um sie allseitig zu erreichen. Dann bewegt sich der Fadencomplex mitsammt den Zellkernen gegen die entgegenge-

---

1) l. c. p. 18.
2) Fig. 12a, 12e, 12h, Taf. III, l. c.
3) p. 28, l. c.

setzte Seite der Zelle und die Zellplatte wächst bis sie allseitig die Mutterwand erreicht. Die Bildung der Cellulose-Membran folgt dem Wachsthum der Zellplatte dann auf der Spur. Dieses will Treub ausserdem noch beobachtet haben bei Hoya Ariadne, Bowiea volubilis, Tradescantia discolor und hypophaea, Seiadocalyx digitaliflora, Clematis vitalba, Chrysanthemum leucanthemum, Iris pumila, Epipactis palustris, Orchis latifolia.

Zu den von Treub unterschiedenen beiden Fällen könnte ich Phaseolus als dritten hinzufügen, da hier die Zellkerne nicht dem Wachsthum der Zellplatte folgen, sondern ihre ursprüngliche Lage zunächst beibehalten. Einzelne Fälle kommen übrigens bei Phaseolus auch vor, die mit den von Treub zu zweit unterschiedenen übereinstimmen. Diese Vorgänge sind eben auch nicht principiell verschieden, greifen vielmehr in einander. Treub sagt selber in einer Anmerkung [1]), dass es bei den von ihm unter 2 angeführten Pflanzen auch vorkommen kann, dass der Zellkern in einzelnen Zellen während der Theilung in der Mitte liegt und die Zellplatte dann auch gleichzeitig in ihrem ganzen Umkreise die Mutterzellwand erreicht. Uebergänge zwischen beiden Bildungsarten konnte ich auch in dem Endosperm von Allium odorum beobachten. Allium odorum stimmt mit Nothoscordum fast völlig überein, bis auf den Punkt, dass die jungen Scheidewände nicht quellen. Gewöhnlich wird der ganze Querschnitt der Zelle auch dort auf einmal von dem Complex der Verbindungsfäden durchsetzt, in besonders weiten Zellen bewegt sich aber der Fadencomplex langsam durch die Zellen und demgemäss zieht er sich von den bereits gebildeten Theilen der Cellulose-Wand zurück.

Die Alkohol-Präparate aus verschiedenen Orchideen, die ich untersuchte, zeigten mir oft Zelltheilungs-Stadien in den Zellen der Integumente der Samenknospen. An Alkohol-Präparaten tritt die Streifung zwischen der Kernplatte und den Polen deutlich hervor. — Ein Bild gebe ich hier aus dem Integument der Samenknospen von Monotropa (Taf. VIII, Fig. 59), die Kernspindel zeigt, wie im Endosperm derselben Pflanze, sehr stumpfe Pole. In den Integumentzellen von Nothoscordum fragrans konnte ich in Zellkernen, die sich zur Theilung anschickten, grobkörniges Gefüge unterscheiden [2]). Die Kernspindeln bei beginnender Trennung fand ich ganz so, wie in den Staubfädenhaaren von Trades-

1) l. c. p. 30.
2) Befruchtung und Zelltheilung Taf. VII, Fig. 47.

cantia gebildet [1]). Ebenso wie bei Tradescantia erfolgte dort auch die weitere Trennung [2]). Die Ausbildung der Schwesterkerne [3]) stimmt mit derjenigen im Endosperm von Nothoscordum überein. In den Integumentzellen von Nothoscordum kam mir auch eine Kernspindel vor, die wie die Kernspindeln im Endosperm derselben Pflanze gestaltet war [4]), die somit eine aequatoriale Kernplatte und beiderseits von dieser die Spindelfasern aufzuweisen hatte.

Oft beobachtete ich auch Theilungsstadien der Zellen und Zellkerne in den Vegetationspunkten der verschiedensten Pflanzen. Namentlich in rasch wachsenden Anlagen, denjenigen etwa von Blüthenknospen, kann man Theilungen auf fast jedem Schnitte begegnen. In den Blüthenanlagen von Polygonum habe ich sie gelegentlich abgebildet [5]). Es waren typische Kernspindeln und auch sonst gewohnte Theilungszustände.

Auch die Zellen im Prothallium von Pteris serrulata sah ich in Theilung. Bei Bildung der Scheidewand bewegt sich der Complex der Verbindungsfäden durch die Zelle.

In ganz jungen Blättern von Sphagnum fand ich ebenfalls durch Verbindungsfäden zusammenhängende Kernanlagen, wie auch Zellplatten in den Verbindungsfäden. Für das Studium weiterer Einzelnheiten waren die Kerne zu klein.

In neuster Zeit veröffentlichte v. Hanstein, in vorläufiger Mittheilung [6]), zum Theil auch in einer populären Schrift [7]), Untersuchungen über Zelltheilung, die sich vorzugsweise auf die „Gewebe-Zelltheilung" phanerogamer Pflanzen beziehen. Das veranlasst mich, die Resultate, zu denen er kam, an dieser Stelle anzuführen. Von Abbildungen hat v. Hanstein bis jetzt nur einige wenige in der populären Schrift veröffentlicht.

„Im Zustand der Ruhe zeigen die meisten Zellkerne eine scheinbar feinkörnige, in der That wahrscheinlich schlierig-fädige Structur, einem Knäuel verschlungener und netzartig verknüpfter sehr feiner Glasfäden vergleichbar.

Gegen die Zeit der Theilung pflegt diese Structur an Deut-

---

1) l. c. Fig. 48.

2) l. c. Fig. 49, 50.

3) l. c. Fig. 51—54.

4) l. c. Fig. 55.

5) Angiospermen und Gymnospermen Taf. I.

6) Stzbr. d. niederrh. Gesellsch. für Natur- u. Heilk. 5. Mai 1879.

7) Das Protoplasma als Träger der pflanzlichen und thierischen Lebensverrichtungen. Für Laien und Fachgenossen dargestellt. 1880.

lichkeit und Derbheit zuzunehmen. Die Schlieren oder gewundenen Fäden werden dicker, kürzer und mit ihren Verschmelzungs-Punkten und Krümmungen schärfer erkennbar.

Alsdann bilden sich daraus durch Abgliederung stäbchenförmige Körperchen; diese sondern sich entweder ohne weiteres in zwei Hälften, meist garbenförmige polar geordnete Gruppen (deren Stabkörperchen dann oft in der Richtung von den Polen zum Aequator keulenähnlich an Dicke zunehmen) oder sie treten zuerst in einer schmalen, aequatorialen Lage auf („Kernplatte"), welche sich allmälig verbreitert, dann im Aequator selbst sich spaltet, und endlich wieder in getrennte Gruppen auseinanderrückt.

Während und nach der Stabkörperchenbildung zeigen die Kerne und öfter auch ihre Protoplasmaumgebung eine meridional - verlaufende, fädige Streifung. Treten diese Streifen zuerst polwärts deutlich auf, so ergibt sich die Spindel-Physiognomie des Kernes („Kernspindel"). Eine ähnliche oft noch deutlichere Fadenstreifung zeigt sich häufig zwischen den auseinanderrückenden Kernhälften. Die Fadenschlieren sind bald zusammenhängend, bald bestehen sie, besonders später, aus kürzeren Bruchstücken, als ob sie gedehnt und dabei zerrissen würden. Zuweilen sind sie nicht wahrzunehmen. Je weiter sich die Kernhälften von einander entfernen, desto mehr werden die Zwischenfäden gereckt oder zertheilt, bis sie endlich verschwinden. Ebenso, öfter schon früher, schwinden die Polar-Streifen. Aus den Stabkörperchen-Gruppen stellen sich die neuen Tochterzellkerne her, nehmen vermuthlich die noch übrige fädig gestreifte Kernmasse in sich auf, runden sich ab und kehren durch Rückbildung in ihren Anfangszustand zurück. Die Kernkörperchen hören zwischen den dichteren Stabkörperchen auf sichtbar zu sein, und lassen sich meist in den neugebildeten Tochterkernen wieder deutlich erkennen, zumal in der dichteren Basalmasse derselben, auf welcher die Stabkörperchen oftmals aufgesetzt erscheinen. Dass sie inzwischen aufgelöst waren, ist nicht wahrscheinlich, sondern vielmehr, dass sie sich theilen, wie die ganzen Kerne. Während oder nach der Zertheilung der ganzen Kernmasse in 2 Hälften und Constituirung der Tochterkerne, wird in der Aequatorialfläche eine Protoplasmaschicht angesammelt, was zuweilen schon beginnt, wenn noch die Zwischenfäden von einem zum anderen Tochterkerne hinübergespannt sind. Diese, die Trennungsschicht („Zellplatte") der ganzen Mutterzelle, klüftet sich der gesammten Fläche nach und erzeugt in sich die neue Zellscheidewand."

O-förmigen Spaltöffnungsmutterzellen der Aneimia- und Niphobolus-Arten [1]) und die ringförmigen Zellen in den Antheridien vieler Farne ihren Ursprung. Ich will im Folgenden versuchen, eine Erklärung auch für diese Reihe von Erscheinungen zu geben.

Wiederholt habe ich schon darauf hingewiesen, dass zwischen den Fällen gewöhnlicher Zweitheilung und diesen Extremen alle Mittelstufen vertreten sind.

Die Bildung der Spaltöffnungsmutterzellen bei Iris pumila unterscheidet sich von typischer Zweitheilung nur durch den Umstand, dass beide Zellen ungleich gross sind. Wie vorhin schon geschildert wurde, wandert der Zellkern in das vordere Ende der Zelle und theilt sich hier; die entstandene kleinere Spaltöffnungsmutterzelle ist relativ inhaltsreicher als die grössere Oberhautzelle (Taf. VIII, Fig. 70).

Bei Blechnum brasiliense sieht man den Zellkern ebenfalls an die vordere Wand der Zelle, deren Breite er aber bei weitem nicht fasst, rücken und sich hier theilen. Die Theilung erfolgt aber nicht in einer zur Oberfläche der Oberhautzelle senkrechten, vielmehr in einer zu dieser Oberfläche geneigten Ebene. Der vordere Tochterkern kommt höher als der hintere zu liegen. Auch zieht sich das umgebende Protoplasma nach dem vorderen Kern, der sich abrundet, während der hintere sichelförmig wird, so zwar, dass seine Concavität dem vorderen Kern zugekehrt ist. Die hierauf in den Verbindungsfäden gebildete Zellplatte verläuft im Bogen, annähernd in ihrer Krümmung der hinteren Contour des vorderen Zellkerns folgend. Sie wird U-förmig und richtet sich so, dass sie die vordere Wand resp. die vorderen Wände der Mutterzelle annähernd rechtwinklich trifft (Taf. IX, Fig. 71). Die Neigung der beiden Zellkerne gegen einander hat zur Folge, dass die auftretende Scheidewand von unten und vorn nach hinten und rückwärts geneigt ist. Diese Neigung behält sie auch in ihrem weiteren Verlauf bei und nimmt daher der Durchmesser der vorderen Zelle von unten nach oben zu. Die vordere Zelle wird nicht gleich zur Spaltöffnungsmutterzelle, weshalb ich sie mit de Bary [2]) jetzt als Spaltöffnungsinitiale bezeichnen will. Sie nimmt an Grösse zu und wiederholt die Theilung. Fig. 72 zeigt diesen Augenblick, und zwar sind die

1) Vergl. meinen Aufsatz, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. V, p. 311 u. ff. 1866—1867 und Bd. VII, p. 393, Anm. 1, 1869—70. Rauter, Mitth. d. naturw. Ver. f. Steiermark, Bd. II, Heft II, 1870 und de Bary, vgl. Anat. d. V. p. 45, 1877.

2) Vergl. Anat. der Vegetationsorgane 1877, p. 42.

beiden Zellkerne noch von gleicher Gestalt, die Verbindungsfäden zwischen denselben divergiren noch nicht. Der hintere Zellkern lag auch hier tiefer als der vordere, so dass die Zeichnung bei wechselnder Einstellung ausgeführt werden musste. Die alsbaldige Gestalt der beiden Zellkerne zeigt, nach Anlage der Scheidewand, Fig. 73. Die vordere Zelle erweitert sich in der Richtung nach oben und da ihr der bei tieferer Einstellung gezeichnete hintere Zellkern dicht anliegt, so wird er in dem Bilde von der vorderen Zelle theilweise gedeckt. Diese vordere Zelle theilt sich, nachdem sie gewachsen, longitudinal in die beiden Schliesszellen der Spaltöffnung. Fig. 74 zeigt die Kernspindel in derselben.

Bei verschiedenen Pflanzen, so bei Basella, Mercurialis, Cibotium Schiedei[1]) folgt auf die Anlage der ersten U-förmigen Wand eine ebenfalls U-förmige, entgegengesetzt gerichtete, welche somit die erste an zwei Stellen trifft. Ich gebe hier einige Bilder für Mercurialis annua. Die bogenförmig gekrümmte Scheidewand setzt an beliebige Seitenwände der Mutterzelle an, der von Sachs entdeckten Regel zufolge bemüht, sie so rechtwinklich als möglich zu treffen. Die beiden gebildeten Schwesterzellen sind von ungleicher Grösse, die von der bogenförmig gekrümmten Scheidewand umschlossene kleiner und inhaltsreicher. In Fig. 75 Taf. IX ist der Zellkern dieser kleineren Zelle in Spindelform eingetreten. In Fig. 76 ist die zweite Theilung vollendet. Die biconvexe Zelle verschmälert sich etwas nach unten; ihr Zellkern ist auch etwas höher gelegen als derjenige der concav-convexen Schwesterzelle. Die biconvexe Zelle ist die Mutterzelle der Spaltöffnung; in Fig. 77 sehen wir sie in die beiden Schliesszellen getheilt.

Bei Aneimia fraxinifolia, um nun zu diesem extremen Beispiele zu kommen, wird die Spaltöffnungsmutterzelle ringförmig von ihrer Schwesterzelle umfasst. Der sich theilende Zellkern der Oberhautzelle wird sehr schräg gestellt, so zwar, dass der vordere Schwesterkern viel höher als der hintere zu liegen kommt. Das angrenzende Protoplasma zieht sich vornehmlich nach dem vorderen Kern. In den Verbindungsfäden zwischen den beiden Schwesterkernen entsteht die Zellplatte. Sie wächst in der uns bekannten Weise an ihren Rändern, um die gebildeten Zellen gegen einander abzuschliessen. Sie trifft aber in ihrem Wachsthum auf keine der

1) Letzteres nach Hildebrand. Bot. Zeitung 1866. S. 250.

Seitenwände, wird vielmehr um den vorderen, von Plasma umgebenen Zellkern herumgeführt, bis dass ihre Ränder auf einander treffen. Eine etwaige gleichzeitige Drehung des Zellkernpaares um die Axe des vorderen findet nicht statt, wie aus dem Umstande folgt, dass der hintere Zellkern dauernd seinen Platz einhält. Die centrale Spaltöffnungsmutterzelle ist trichterförmig gestaltet, um diese ihre Gestalt anschaulich zu machen, füge ich hier die Abbildung Fig. 78 Taf. IX bei, in welcher besonders stark der untere Contour der Spaltöffnungsmutterzelle eingetragen ist; bei fast derselben Einstellung der sehr tief gelegene Zellkern der ringförmigen Zelle', dann bei mittlerer Einstellung der Zellkern der Spaltöffnungsmutterzelle; endlich bei ganz hoher Einstellung der obere Umriss derselben. Bei Aneimia villosa ist die Spaltöffnung fast constant durch eine Scheidewand mit der vorderen Wand der Mutterzelle verbunden. Auch bei Aneimia fraxinifolia lässt sich dies ausnahmsweise verfolgen (Fig. 79). Diese Erscheinung tritt ein, wenn die aufeinandertreffenden Ränder der Zellplatte sich nicht mit einander verbinden, sondern einander ausweichen. Dann richtet sich der eine Rand nach aussen und sucht rechtwinklich an die Mutterzellwand anzusetzen, wird selbst aber, annähernd rechtwinklich, von dem andern Rande getroffen. Bei beiden Aneimien kommt es auch vor, dass die Zellplatte mit beiden Rändern die Mutterzellwand trifft und U-förmig gestaltet ist. Bei Niphobolus Lingua hat Rauter auch einen Fall abgebildet [1]), in welchem beide Ränder der Zellplatte bei ihrer Begegnung sich hatten scharf nach aussen gewendet, um die Mutterzellwand zu erreichen. Die gebildete Scheidewand setzt nämlich an zwei dicht aneinander grenzenden Stellen der Mutterzellwand an.

Von selbst erklären sich nun auch die Theilungsvorgänge in den Antheridien der Farne. Von oben betrachtet sind die Bilder hier nicht wesentlich anders als in den, die Spaltöffnungsmutterzellen erzeugenden Oberhautzellen.

Bei den Polypodiaceen und anderen Familien der Farne [2]) wird in der, aus dem Prothallium halbkugelig vorgewölbten, durch eine Querwand von demselben abgetrennten Antheridium-Mutterzelle, zunächst eine Scheidewand gebildet, welche kreisförmig an die untere Querwand nahe der Mitte und ringförmig auch an die

1) l. c. Fig. 15.

2) Kny, Monatsber. der Berl. Akad. d. Wiss., Mai 1869. Strasburger, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VII, 1869—70.

Aussenwand, etwa in halber Höhe derselben, ansetzt[1]). Von oben betrachtet zeigt sich die Antheridium-Mutterzelle in eine ringförmige Aussenzelle und eine trichterförmig nach oben erweiterte, vorgewölbte Innenzelle zerlegt. Der Fall ist also nicht wesentlich anders, als bei der Bildung der Spaltöffnungs-Mutterzellen von Aneimia fraxinifolia. Der Theilungsvorgang selbst ergab bei näherer Untersuchung auch ganz ähnliche Verhältnisse. Der sich theilende Zellkern wird schräg zu der unteren Querwand gestellt und der für die innere Zelle bestimmte Tochterkern kommt nun höher als der für die äussere Zelle bestimmte zu liegen. Auch zieht sich fast alles Protoplasma nach dem oberen Kern, der rasch wächst und sich abrundet, während der untere Kern in seiner Ausbildung zurückbleibt. Zwischen beiden Zellkernen wird innerhalb der Verbindungsfäden die Zellplatte gebildet. Entsprechend der Lage der Zellkerne ist diese Zellplatte von unten und innen, nach oben und aussen (die Antheridium-Mutterzelle aufrecht gedacht) gerichtet. Um die untere Querwand und die Aussenwand der Antheridium-Mutterzelle rechtwinklich treffen zu können, ist diese Scheidewand bauchig nach innen vorgetrieben. Die freien Ränder der Zellplatte rechts und links wachsen nun bei gleichzeitiger Ausbreitung der Verbindungsfäden fort. Diese Ränder könnten sich nach aussen wenden und so eine glockenförmige Zelle von der Antheridium-Mutterzelle abschneiden, doch sie folgen den Umrissen der inneren Plasmaansammlung und werden um dieselbe herumgeführt, bis dass sie auf einander treffen. Da die gebildete Zellplatte dabei die ursprüngliche Neigung beibehält, so ist eben das Resultat, die Bildung einer äusseren und unteren ringförmigen und einer inneren und oberen trichterförmigen Zelle. Bei den Cyatheaceen soll nun nach Bauke[2]) die äussere ringförmige Zelle stets von einer Membran quer durchschnitten sein. Dieser Fall entspricht, wie wir sehen, durchaus demjenigen von Aneimia villosa und dürfte, hier wie dort, dadurch veranlasst sein, dass beim Zusammentreffen der Ränder der Zellplatte der eine Rand nach aussen ausweicht und die Wand der Mutterzelle trifft, selbst aber in seinem Verlauf von dem andern getroffen wird. So sagt denn auch Bauke „diese Zwischenmembran zeigt, von oben resp. von unten betrachtet, fast

---

1) In andern Fällen wird zuvor noch durch eine einfache Querwand eine Stielzelle abgegrenzt.

2) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. X, p. 67, 1876.

immer einen solchen Verlauf, dass sie als ein Theil der Ringwand selbst erscheint." Wie bei Niphobolus so kommt es auch hier vor, dass beide Ränder der Zellplatte bei ihrer Begegnung nach aussen umbiegen und die Mutterzellwand erreichen, so dass die innere Zelle mit einem schmalen Fortsatze, wie mit einem Stiele an die Mutterzellwand reicht. Unter den Polypodiaceen soll sich Dicksonia wie die Cyatheaceen verhalten [1]) und auch bei Asplenium beobachtete Kny einige Mal eine Scheidewand in der Ringzelle [2]). Auf die erste ringförmige Zelle folgt bei den Polypodiaceen etc. die Bildung einer glockenförmigen Scheidewand. Dieselbe sitzt der Wandung der Ringzelle auf und läuft parallel zu der gewölbten Aussenfläche der trichterförmigen Mutterzelle. Für deren Bildung hat sich der Kern der trichterförmigen Zelle so getheilt, dass die beiden Tochterkerne senkrecht gestellt erscheinen. Nach dem innern Zellkern zieht sich nun wieder fast alles Protoplasma und die entstehende Scheidewand richtet sich nach der Aussenfläche dieser Ansammlung. In der glockenförmigen Zelle erfolgt aber noch eine Theilung in der Art, dass eine zweite Ringzelle und eine Deckelzelle gebildet wird. Die Zellplatte, die zwischen beiden Schwesterkernen entsteht, setzt an die Innen- und Aussen-Wandung der glockenförmigen Zelle senkrecht an und läuft im Kreise innerhalb derselben um, bis dass ihre Ränder auf einander treffen und die Scheidewand so einen Abschluss finden kann. Die untere Zelle ist in Folge dessen ringförmig, die obere scheibenförmig. In anderen Fällen wird gleich der ersten Querwand der Antheridium-Mutterzelle resp. einer zweiten Querwand, wenn eine Stielzelle gebildet wurde, die glockenförmige Scheidewand aufgesetzt.

Ganz entsprechend der Bildung von Spaltöffnungsmutterzellen bei Farnen, spielt sich der Vorgang für Anlage der sogenannten vegetativen Zellen in den Pollenkörnern der Phanerogamen ab [3]). Es rückt der primäre Kern der Pollenzelle kurz vor der Anthese gegen die Peripherie und theilt sich hier alsbald in zwei Schwesterkerne. Innerhalb der Verbindungsfäden wird zwischen beiden eine Zellplatte gebildet, die uhrglasförmig nach dem Innern des Pollenkorns vorgewölbt, die Wandung der Mutterzelle mit ihren

---

1) Bauke l. c. p. 68.

2) Kny l. c. p. 427, Anm. S. A. p. 14.

3) Strasburger, Befr. u. Zellth. 1878, p. 15. (Jen. Zeitschrift 1877), dort auch die Literatur.

Rändern trifft. Der ursprüngliche Innenraum des Pollenkorns ist somit in zwei Zellen zerfallen, von denen die eine gross, die andere aber, der Mutterzellwand ansitzende, klein, meist nicht viel grösser als der Zellkern ist, den sie einschliesst [1]). Die kleine vegetative Zelle kann einfach bleiben oder sich auch weiter theilen. Für Gymnospermen waren diese vegetativen Zellen schon lange bekannt, für Angiospermen setzte ich deren Existenz erst vor Kurzem fest. Bei Gymnospermen wird die grosse Zelle von der kleinen durch eine feste Cellulose-Wand dauernd getrennt; bei Angiospermen hingegen wird, von wenigen Ausnahmen abgesehen, die zwischen beiden Zellen gebildete Scheidewand alsbald wieder resorbirt und die Zellkerne fallen nun einem gemeinsamen Innenraume zu.

Bei der Theilung erfahren die Zellkerne der Pollenkörner ganz dieselben Gestaltveränderungen, wie wir sie an andern Orten kennen lernten. Ich beobachtete oft Kernspindeln mit dünnen Fasern und grobkörniger Kernplatte, Elfving [2]) sah bei Tradescantia dieselben dickfaserigen Spindeln, wie wir sie hier für die Haare derselben Pflanze beschrieben haben.

Merkwürdige Veränderungen erfahren bei den meisten Angiospermen die Zellkerne des Pollenkorns, nachdem sie dem gemeinsamen Innenraum zugefallen sind. Sie strecken und krümmen sich und können trichinenförmig aber auch sternförmig werden. So weit meine und Elfvings Erfahrungen reichen, werden die Zellkerne in den Pollenschläuchen schliesslich unsichtbar d. h. sie schwinden vor Beginn der Befruchtung als morphologisch unterscheidbare Einzelkörper.

Von jeher sind die Vorgänge bei der Sporenbildung der höheren Kryptogamen und bei der Pollenbildung der Phanerogamen, als besonders günstige Objecte, für das Studium der Zelltheilung verwendet worden. Hier fand ich denn auch das Gebiet am besten vorbereitet, als ich meine Untersuchungen über Zelltheilung vor Jahren begann. Waren ja bereits von Hofmeister plattenförmige Anhäufungen unregelmässiger Klumpen in der Aequatorialebene der Mutterzellen von Psilotum, Equisetum, Tradescantia, Pinus gesehen worden, wenn er sie auch nur als Gerinnungsproducte

1) Vergl. meine Figuren l. c. Taf. I u. II, so wie die Figuren von Elfving. Jen. Zeitschrift 1879, Taf. I u. II.

2) l. c. p. 12.

deutete. Hatte ja derselbe und dann Sachs, auch Körnchenplatten zwischen den Kernen beobachtet, und Russow später ausdrücklich die Stäbchenplatten, die der Bildung der Kerne vorangehen (Hofmeister's Gerinnungsproducte), für normale Gebilde erklärt, sie bei einer grossen Anzahl von Sporen und Pollenkörnern beobachtet, ihr Verhältniss zu den Kernen angedeutet und ihre Verschiedenheit von den Körnchenplatten hervorgehoben. Während ich an der ersten Auflage dieses Buches schrieb, veröffentlichte endlich Tschistiakoff Untersuchungen, in denen er auch Streifungen innerhalb der Zellen schildert und abbildet, die er freilich nur für oberflächliche Differenzirungen seines „Pronucleus" hält und mit merkwürdigen anderen Vorstellungen in Zusammenhang bringt.

Ich lasse hier die Literaturübersicht über den zu behandelnden Gegenstand folgen. Ich gebe sie möglichst zusammengedrängt, doch, so weit sie mir von Bedeutung schien, vollständig, weil durch dieselbe meine eigene Aufgabe deutlicher formulirt und eine grössere Anzahl von Untersuchungen überflüssig gemacht wurde.

Die Angaben, dass die Mutterzellen der Pollenkörner (an Cucurbita Pepo beobachtet) sich durch Scheidewände theilen, welche von aussen nach innen wachsen, rühren schon von Mirbel (Recherches sur le Marchantia polymorpha 1833) her und gehören zu den ältesten Beobachtungen der Zelltheilung überhaupt.

In demselben Jahre 1833 (Flora) zeigte v. Mohl, dass die Sporen durch Sonderung der körnigen Masse einer Mutterzelle in vier Partien, die sich mit eigener Haut umkleiden, entstehen. Im Jahre 1839 (Linnaea) lieferte er die erste Entwickelungsgeschichte der Sporen von Anthoceros laevis. Die Angaben und Abbildungen waren, soweit sie sich auf unmittelbar sichtbare Vorgänge bezogen, in allen wesentlichen Punkten richtig. Er sah die succedane Theilung einer dem primären Zellkerne anliegenden gelbgrünen Scheibe; die faserigen Stränge zwischen den tetraëdrisch angeordneten Theilstücken; nahm aber die endliche Auflösung des primären Zellkerns an. Von der Bildung der Scheidewände war es ihm wahrscheinlich, dass sie als Leisten aus der innern Seite der Zellwandung hervorsprossen, gegen die Mitte der Zelle zusammenstossen und sich dort vereinigen. Ganz sicher glaubte er dann auch später (Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle 1851, aus Rud. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie besonders abgedruckt) das Hinein-

wachsen der Scheidewände von aussen nach innen, gleichzeitig mit der Einschnürung des Inhalts, bei Pollenkörnern beobachtet zu haben.

Nach Naegeli (Entwickelungsgeschichte des Pollens 1842) sollten hingegen die Scheidewände erst nach vollendeter Theilung des Inhalts durch die aneinanderstossenden Membranen vollkommener Zellen gebildet werden (Zeitschr. f. wiss. Bot. Heft I p. 78, 1844). Was den Inhalt der Mutterzellen anbetrifft, so giebt er an, dass der laterale, primäre Kern derselben resorbirt werde, ein neuer, secundärer, centraler sich bilde, um selbst wieder sich aufzulösen; doch erst nachdem unter seinem Einfluss sich ein oder zwei Mal, zwei neue Kerne gebildet hätten. Der Inhalt theilt sich durch wandständige Zellenbildung, im ersten Falle in zwei Zellen, die nochmals, nachdem sich ihre Kerne durch Theilung verdoppelt, in je zwei zerfallen: oder es entstehen im letzteren Falle gleichzeitig vier tetraëdrisch gestellte Zellen, entsprechend den vier so vertheilten Zellkernen (Zeitschr. Heft III p. 70, 1846).

Unger (Ueber die merismatische Zellbildung bei der Entwickelung des Pollens 1844) will hingegen wieder, wie v. Mohl, die Scheidewände in ihrem Vordringen von aussen nach innen in der Pollenmutterzelle beobachtet haben.

Wimmel (Bot. Zeitung 1850 Sp. 225 u. ff.) hat den Zellkern der Pollenmutterzelle in gleicher Theilung wie die Zelle selbst gesehen. Der Kern soll sich in einer Richtung besonders ausdehnen und in zwei Kerne zerfallen. Niemals sah Wimmel bei der Pollenentwickelung mehr denn zwei neue Zellen aus einer alten unmittelbar hervorgehen.

Schacht untersuchte zunächst 1849 (Bot. Zeitung Sp. 537 u. ff.) die Entwickelung der Sporen der Farnkräuter, vornehmlich von Asplenium Petrarcae. Er giebt an, der Zellkern der Mutterzelle theile sich durch eine zarte Linie in zwei Hälften, diese in ähnlicher Weise nochmals in zwei; die vier Kerne sollen sich dann abrunden und auseinandertreten und um einen jeden, durch körnigen Inhalt von ihm getrennt, das junge Zellhäutchen entstehen (hierzu Taf. VIII). Schacht selbst bezweifelte später diese seine Angaben, und würde ich sie hier übergangen haben, glaubte sie nicht neuerdings Tschistiakoff bestätigen zu können. Für Anthoceros laevis kam Schacht 1850 (Bot. Zeitung Sp. 457 u. ff.) mlichen Resultaten wie v. Mohl, doch lässt er um jeden der llkerne einen Tochterprimordialschlauch entstehen, über dem

dann eine „Zellstoffzelle" gebildet wird. In der Bildung des Pollens bei Althaea rosea (Pflanzenzelle p. 58, 1852) stimmt er fast vollständig mit v. Mohl überein. In den Mutterzellen des Pollens von Viscum album (Lehrbuch I. p. 82, 1856) sah er die vier Kerne noch vor Theilung des Inhalts durch Ströme verbunden, wie bei Anthoceros, wenn auch wegen des körnigen Inhalts weniger deutlich.

Pringsheim untersuchte (Pflanzenzelle p. 50 u. ff. 1854) die succedane Theilung in den Pollenmutterzellen von Allium victoriale und die simultane bei Althaea rosea. Von den Zellkernen giebt er nur an, dass ihre Theilung dem Beginn der Scheidewandbildung vorausgehe. Die Scheidewand dringe aber von aussen nach innen fort; wenn auch zuerst äusserst dünn und einfach, sei sie doch aus theoretischen Gründen als doppelt, weil als eine Falte der innersten Verdickungsschicht der Mutterzellwand, anzusehen.

Sanio schildert (zuletzt Bot. Zeitung 1857 Sp. 657) abnorme Entwickelungsvorgänge in den Sporenmutterzellen von Equisetum palustre, wo er die Zweitheilung der Zellkerne durch Einschnürung schrittweise verfolgen konnte (l. c. Taf. X, Fig. 8—11). Das Gleiche, meint er, dürfte also auch für die normalen Vorgänge Geltung haben.

Die Arbeiten Hofmeister's über den hier behandelten Gegenstand greifen bis auf das Jahr 1848 zurück, bis auf die Arbeit in der Botanischen Zeitung (Sp. 425, 649 u. 670) über die Entwickelung des Pollens. Zahlreiche spätere Angaben sind in der „Entstehung des Embryo der Phanerogamen" 1849, den Vergleichenden Untersuchungen der höheren Kryptogamen 1851 und in zahlreichen, in den Abhandlungen der kgl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften veröffentlichten Aufsätzen niedergelegt. Der Verfasser hatte übrigens seine Auffassung der Zelltheilungsvorgänge seit 1848 nicht wesentlich verändert, so dass ich mich zum Zweck dieser Uebersicht, wohl an seine letzte Publication von 1867, die Lehre von der Pflanzenzelle, halten kann, in der er selbst eine Zusammenfassung aller seiner älteren Arbeiten giebt. — In der Entwickelungs-Geschichte des Pollens einiger Phanerogamen und der Sporen einiger Gefässkryptogamen soll es sich mit Sicherheit nachweisen lassen, dass der Zellkern der Mutterzelle zunächst zu einer den Mittelraum der Zelle erfüllenden Flüssigkeit sich auflöst. So bei Tradescantia, Pinus, Equisetum, Psilotum. Bei Gerinnung der Substanz des Zellkerns, zieht sich dieser jetzt zu einem kleineren Klumpen, aus das Licht

stärker brechenden Substanz zusammen. Endlich rückt ein Entwicklungszustand der Mutterzellen heran, auf welchem bei der Gerinnung der Substanz, welche bis dahin den Kern bildete, diese zu mehreren, zahlreichen, weit kleineren Massen zusammensinkt, die bei Tradescantia und Pinus ohne wahrnehmbare Ordnung durch den Raum der Zelle zerstreut sind, bei Equisetum vorzugsweise im Aequator der Zelle sich häufen, bei Psilotum hier zu einer horizontalen Platte sich anordnen. Auf diese Entwickelungsstufe folgt unmittelbar die Bildung zweier neuer, secundärer Zellkerne von der Form abgeplatteter Ellipsoide, deren Umgrenzung beim ersten Auftreten eben so schwer wahrzunehmen ist als die des primären Kerns kurz vor seiner Auflösung. Darauf vollzieht sich die Bildung je zweier kugeliger, tertiärer Zellkerne aus der Substanz jedes der secundären unter ganz ähnlichen Erscheinungen, bei Tradescantia in der Regel nach Bildung einer im Aequator der Zelle liegenden Scheidewand, bei Pinus, Equisetum und Psilotum, ohne dass das Auftreten einer solchen Scheidewand vorausginge (p. 81). — In den Sporenmutterzellen von Anthoceros, Physcomitrium und Funaria erhält sich der primäre Kern bis nach Ausbildung der tertiären, allmälig blasser und durchsichtiger werdend, und verschwindet erst kurz vor der Bildung der Wände der Specialmutterzellen (p. 83). — „Weitere Vorboten der Trennung des protoplasmatischen Inhalts einer in Vermehrung begriffenen Zelle treten nach der Bildung zweier neuer, secundärer Zellkerne in der Art auf, dass körnige, dem Protoplasma der Zelle eingelagerte Bildungen zwischen je zwei Kernen zu einer, auf der die Mittelpunkte der beiden Kerne verbindenden Linie senkrechten Platte sich anordnen. So in den Pollenmutterzellen vieler Phanerogamen, z. B. Passiflora coerulea, in den Sporenmutterzellen von Equisetum.“ Die Scheidewand, welche demnächst die Zelle in zwei Hälften theilt, geht genau durch die Mitte der Körnerplatten (p. 84). In vielen Fällen ist die Anhäufung so schmal, dass sie als dunkler Streifen erscheint, so bei den Pollenmutterzellen von Hemerocallis. Anderwärts bildet sich anstatt der Körnerplatte ein Körnergürtel, ein Ring von Körnchen, so oft in den Sporenmutterzellen von Equisetum, von Psilotum, stets in den Pollenmutterzellen von Pinus. „Hier spaltet sich nachher der Gürtel in zwei zu einander parallele Zonen, zwischen denen die Scheidewand verläuft, welche die Zelle in zwei Hälften theilen wird, dafern es überhaupt zur Bildung einer solchen kommt, dafern nicht vor Zerklüftung des Inhalts der Mutterzelle in zwei

Tochterzellen die beiden secundären Kerne wieder aufgelöst und an ihrer Stelle vier tertiäre gebildet werden, die nach den Ecken eines Tetraëders sich ordnen (p. 85)." „Die Körnerplatten bei Passiflora werden häufig, die Körnergürtel bei Pinus und Equisetum in der Regel, sammt den beiden grossen secundären Kernen wieder aufgelöst, noch bevor es zur Bildung neuer Primordialzellen kommt. Es bilden sich vier, bei Passiflora coerulea oft auch mehr tertiäre Zellenkerne und zwischen je zweien dieser neue Körnerplatten. Da erst erfolgt die Theilung der Mutterzelle in so viele Tochterzellen, als Zellkerne vorhanden waren (p. 85)." — Wo bei Sporen- und Pollenbildung die gleichzeitige Theilung des Inhalts in vier (sehr selten mehr) Primordialzellen vorkommt, geht ihr die Neubildung von zunächst nur zwei secundären Kernen voraus, so dass auch diese Erscheinung sich als „eine beschleunigte, überstürzte Weiterzerklüftung des Protoplasmas erweiset, welches zuvörderst in nur zwei Theilhälften sich zu sondern begann" (p. 100). „Bei der grossen Mehrzahl der Monokotyledonen erfolgt ganz plötzlich die Bildung der Scheidewände, durch welche die Räume der Pollenmutterzellen in vier (selten mehrere) Fächer, die Specialmutterzellen des Pollens, abgetheilt werden." „Das Gleiche gilt von den Pollenmutterzellen der Abietineen und den Sporenmutterzellen der Equiseten." Doch auch in allen diesen Fällen erfolgt die Sonderung des Mutterzellinhalts nicht simultan, sondern von der Peripherie zum Centrum sehr rasch fortschreitend (p. 109). Dafür spricht die bei bärtigen Irisarten nachgewiesene Einfurchung des Inhalts der zur Theilung sich anschickenden Mutterzelle vor Beginn der Scheidewandbildung, andererseits die Beobachtung, dass bei einigen der erwähnten Pflanzen Erhärtung und Verdickung der die Zelle bereits vollständig durchsetzenden Wand sichtlich von der Innenwand aus nach dem Mittelpunkt zu fortschreitet, endlich dass bei einigen, jenen nächstverwandten Gewächsen das Auftreten einer im Aequator der Zelle deren Innenwand ansitzenden, dünnen Ringleiste nachgewiesen werden kann: so bei Allium victoriale. Bei der Mehrzahl der Dikotyledonen und bei Anthoceros laevis geht die Scheidewandbildung langsamer vor sich und die noch unvollendeten Scheidewandanlagen werden stark verdickt. Die in den Innenraum der Zelle vorspringenden Leisten erhalten einen dreieckigen Querschnitt. „In solcher Form wachsen sie bei den Passifloreen bis zu etwa $^1/_{12}$, bei Anthoceros laevis bis zu $^1/_5$, bei den Cucurbitaceen bis zu $^1/_4$, bei Malvaceen (Althaea) selbst bis zu $^1/_3$ des

Durchmessers des Mutterzellraumes. Der Inhalt der Zelle wird durch tiefe Einschnürungen in mehrere (in der Regel vier) Lappen getheilt, die im Mittelpunkt der Zelle zusammenhängen.“ Weiterhin wird der Vorgang sehr beschleunigt; die breiten, im Querschnitt dreieckigen Anlagen der Scheidewände gehen nach innen hin in sehr dünne Lamellen über, welche centripetal wachsend, in sehr kurzer Zeit im Mittelpunkte der Zelle zusammentreffen (p. 110, vergl. auch die Fig. 24 u. 25 p. 110 u. 111). Jede durch Theilung entstandene Pollenzelle umgiebt sich dann mit einer besondern, von den Theilungsmembranen verschiedenen Membran in ihrem ganzen Umfange. Ueber das Specielle aus dieser und aus älteren Publicationen bitte ich die Citate weiter in den Anmerkungen zu vergleichen.

Nach Dippel (zuletzt Mikroskop p. 54 u. ff. 1869) theilen sich in den Mutterzellen der Sporen höherer Kryptogamen und der Pollenkörner zuerst die Kerne, dann folgt die Einschnürung der „ursprünglichen Membran“ (Hautschicht), mit der die Abscheidung der Tochterzellstoffhüllen successive Schritt hält. Die Theilung der Mutterzelle ist, früheren Angaben entsprechend, entweder succedan (Monokotyledonen) oder simultan (Dikotyledonen und höhere Kryptogamen).

Sachs (Lehrbuch, 1. Aufl. 1868, 4. Aufl. 1874) schildert (IV. Aufl. p. 13) die simultane tetraëdrische Theilung und Trennung des Mutterzellprotoplasmas bei Bildung der Sporen von Funaria hygrometrica ohne gleichzeitige Ausscheidung von Zellstoff; erst nach völliger Trennung soll sich jedes Theilstück mit Zellhaut umgeben. Bei Equisetum sollen die primären Kerne der Sporenmutterzellen sich lösen; grünlichgelbe Körnchen sich zu einer medianen Scheibe in dem sonst körnerfreien durchsichtigen Protoplasma der Mutterzelle anordnen; dann wieder eine Trübung zu den beiden Seiten der Scheibe erfolgen, indem sich Körner an den Polen der Scheibe ansammeln und sich so weit verbreiten, bis rechts und links vor der Körnerplatte nur noch ein heller ellipsoidischer Raum frei bleibt. Diese freien Räume sind zwei Zellkerne. Die Körnerplatte verschiebt sich jetzt, die zwei Zellkerne schwinden, es treten, nach den Ecken eines Tetraëders geordnet, vier kleinere auf, deren jeder auf der den Nachbarn zugekehrten Seite von einem Theil der grünlichgelben Körnchen umgeben ist, die vorher die Körnerplatte bildeten. Dann geht, von ihnen aus beginnend, die Trennung der vier Protoplasmaportionen vor sich. In den Kernen bildet sich jetzt je ein Kern-

körperchen. Endlich sind die Sporen völlig isolirt, sie adhäriren nur noch an einander. Sie sind noch nackt, umhüllen sich aber bald mit einer Zellhaut (p. 14 und Fig. 10). — In den Pollenmutterzellen schildert Sachs die Vorgänge im Wesentlichen ebenso wie Hofmeister; nur lässt er die Zellhautlamelle bei Funkia ovata in den „hellen Grenzebenen“ zwischen den Kernen simultan entstehen.

Russow's vergleichende Untersuchungen der Leitbündel-Kryptogamen etc. (Memoiren d. Petersb. Akad. VII. Serie. Bd. XIX, Nr. 1. 1872) enthalten sehr zahlreiche Angaben über Sporen- und Pollenbildung, namentlich über erstere. — Bei Marsilia Drummondii (p. 51) schwinden die Kerne der Sporenmutterzellen, es treten zahlreiche grössere Körnchen auf und ordnen sich zu einer Platte an, welche das Lumen der Zelle in zwei gleiche Hälften theilt (vergl. Taf. VI, Fig. 90). Von Kernen ist bis zur Ausbildung der Spore nichts wahrzunehmen. Bald muss die erste Körnerplatte sechs anderen Platz machen, die das Lumen der Zelle in vier gleiche tetraëdrische Räume theilen. Jede der sechs Protoplasmaplatten spaltet sich sodann in zwei Platten, die entweder auseinanderrücken, zwischen sich wässerige Flüssigkeit ausscheidend (was selten der Fall zu sein scheint), oder sie bleiben dicht neben einander liegen, und eine scharfe, dunkle Linie deutet die Sonderung in zwei Platten an; darauf werden an Stelle dieser Linien, oder mit wässeriger Flüssigkeit erfüllter Spalten, schmal doppelt contourirte Scheidewände sichtbar (Fig. 93). Die Anlage der Sporen geschieht wie die der Pollenkörner dadurch, dass der Gesammtinhalt der Specialmutterzellen sich mit einer Membran umgiebt, die, von der Specialmuttermembran chemisch different, sich letzterer in ihrem ganzen Umfange dicht (doch lose) anlegt. — Die Polypodiaceen (p. 89) zeigen Mutterzellen mit sehr grossem, meist excentrisch gelegenem Kern (Fig. 104 u. 105). Andere mit einer kreisförmigen Platte von $^1/_2$ bis $^2/_3$ Durchmesser der Mutterzelle an Stelle des Kerns; die Platte aus stark lichtbrechenden länglichen Körnchen oder Stäbchen gebildet. Grösser und schärfer sind diese Körnchen- oder Stäbchenplatten noch in den Sporenmutterzellen der Ophioglossen und Equisetaceen (Fig. 121, 122, 123, 126) (bei letzteren häufig verbogen und meist hell rosenroth oder ziegelroth gefärbt p. 148), am grössten und deutlichsten in den Pollenmutterzellen von Lilium bulbiferum (Fig. 132), dort übrigens aus sehr unregelmässigen Körperchen gebildet. Diese Stäbchenplatten, das hebt

Russow besonders hervor (p. 90), sind durchaus verschieden von den sog. Körnerplatten oder Protoplasmaplatten, die, nachdem der primäre Kern geschwunden und zwei neue (secundäre) Kerne erscheinen, zwischen letzteren auftretend, die Sporenmutterzelle halbiren, oder die, nach dem Erscheinen der vier tertiären Kerne sich zeigend, die Specialmutterzellwände bilden. Aus dem Umstande, dass zur Zeit, wo die Stäbchenplatten vorhanden, nie Kerne sichtbar sind, so wie auch aus demjenigen, der bei Ophioglossum und Lilium bulbiferum leicht zu beobachten, dass nach dem Auftreten der die Mutterzelle halbirenden Körnerplatte zu beiden Seiten letzterer, wo sonst die Kerne vorhanden, je eine Stäbchenplatte (von dem halben Durchmesser der primären Stäbchenplatte) sichtbar wird, darf man wohl auf eine nahe Beziehung zwischen Kern und Stäbchenplatte schliessen, wenn nicht auf die Bildung letzterer aus ersterem. — Die Theilung der Sporenmutterzelle (p. 91) wird bei den Polypodiaceen dann weiter durch das Auftreten der die Zelle halbirenden Körnerplatte eingeleitet, die nach dem Erscheinen der beiden secundären Kerne zwischen diesen sichtbar wird. Die secundären Kerne schwinden, vier neue kleinere Kerne treten auf. Neue Körnerplatten bilden sich zwischen je zwei Kernen. Die Kerne liegen in einer Ebene, oder wie in den vier Ecken eines Tetraëders. In den Körnerplatten bilden sich nun in der schon erwähnten Weise die Scheidewände (vergl. Fig. 106 bis 110). — Die hier in den Hauptpunkten wiedergegebene Schilderung vertritt Russow auch in einem neuerdings in der Botanischen Zeitung (Mai 1875, Nr. 20 u. 21) veröffentlichten, gegen Tschistiakoff gerichteten Aufsatze.

Auch in den Pollenmutterzellen von Ceratozamia longifolia will Juranyi (Jahrb. für wiss. Bot. Bd. VIII, p. 387, 1872) das Schwinden des primären Kerns, das Auftreten zweier kleinerer beobachtet haben. Die Scheidewand erscheint als ein plattes, breites, die Zelle gürtelförmig umlaufendes Band, im optischen Durchschnitt der Zelle als ein kleiner keilförmiger Vorsprung. Sie wächst zunächst nun fast gleichmässig in die Dicke und in die Breite und scheint daher als ein auf breitem Grunde aufsitzender, mehr oder weniger stumpfer Kegel, der von nun an nur an seiner Spitze wächst und sich so zu einer ziemlich dünnen Membran gestaltet, die Theilung rasch vollendend. Es erfolgt nun die Theilung der beiden Schwesterzellen entweder in derselben oder in sich kreuzenden Ebenen. Die Bildung der Scheidewand geht hier ausserordentlich rasch vor sich, so dass Mittel-

zustände derselben nur selten und schwer anzutreffen sind (vergl. auch hierzu Taf. XXXI u. XXXII).

Tschistiakoff gab in der Botanischen Zeitung von 1875 (Nr. 6) die Entwickelungsgeschichte des Pollens von Epilobium angustifolium, von Magnolia (purpurea und Yulan) und verschiedener Coniferen. Das Protoplasma der Pollenmutterzellen von Epilobium und Magnolia soll einen „Pronucleus", mit „echtem morphologischen Nucleus" in der Mitte, führen. Bei Coniferen soll es hingegen einen echten Nucleus enthalten, der auch ohne Wassereinwirkung sichtbar ist, bald aber zur Organisation von Pronucleus und Pronucleolus herabgeht. Pronucleus und Pronucleolus scheinen in allen den genannten Fällen bis an die Peripherie des Inhalts zu wachsen. Bei Epilobium wird dann der Pronucleus durch ein oder drei (sechs) Spalten in zwei oder vier Portionen simultan getheilt; bei Coniferen werden in ihm eine oder sechs sehr feine protoplasmatische Theilungslamellen sichtbar als Andeutung der Theilung in zwei oder unmittelbar in vier tetraëdrisch geordnete Theile. Bei Magnolia sieht man den Pronucleus im Aequator und an den Polen dichter werden. Die äquatoriale Lamelle erweitert sich bedeutend und zeigt eine „meridionale Streifung", während die Substanz der Pole zwei neue künftige Pronuclei darstellt. Die gestreifte Zone erweitert sich mehr und mehr; die Streifung, die stets, wie bei allen andern Protoplasmatheilen, nur unter Wassereinwirkung sichtbar ist, wird undeutlicher, während die Rudimente der beiden neuen Pronuclei sich mehr und mehr vergrössern. Endlich nimmt die gestreifte Zone ganz die Eigenschaften des umgebenden Protoplasma an, so dass die beiden secundären Pronuclei von einander entfernt sind und in ihrem Innern jetzt vier Nucleoli beherbergen. „Derselbe Theilungsprocess wiederholt sich in jedem der secundären Pronuclei, indem der Inhalt in zwei Theile durch Einschnürung von der Peripherie nach innen fortschreitend, zerfällt." Die primäre Theilung findet fast gleichzeitig mit der secundären statt. Der Inhalt wird eingeschnürt ohne Betheiligung des Primordialschlauchs, der an der Einschnürungsstelle schwindet. Während des Vorgangs wird aber Zellstoff ausgeschieden und durch diesen Process wird der Inhalt mechanisch eingeschnürt. Dieser Process kann bis zum Schluss der Theilung anhalten oder auch durch ein plötzliches Zerfallen des schon halb eingeschnürten Inhalts vollendet werden. Bei Epilobium wird von einer Streifung des Pronucleus nichts gesagt, nach dessen oben erwähnter Theilung sollen vielmehr die einzelnen

Portionen sich von einander entfernen, endlich unsichtbar werden, worauf im Protoplasma sich zwei oder vier Pronuclei bilden. Die Theilung des Plasmas selbst wird durch plötzliche Ausbildung fester Scheidewände bewirkt, deren Verdickung von der Peripherie und vom Centrum ausgeht. Bei den Coniferen werden erst nach dem Auftreten der schon erwähnten Theilungslamellen Streifen auf der Oberfläche des Pronucleus sichtbar, sie erscheinen als eine Menge schlangenförmiger, dichter und glänzender protoplasmatischer Linien, die bald zu leistenförmigen Meridianen verschmelzen. Die Theilungslamellen des Pronucleus sind dann erweitert, sie sind aus glänzenden, protoplasmatischen Klumpen aufgebaut. Die secundären Nuclei werden wie bei Magnolia gebildet. Der Vorgang ist succedan, falls nicht der primäre Pronucleus sich tetraëdrisch getheilt hat. Die Streifen der äquatorialen Zone verschwinden und sammeln sich dann Stärkekörner zu einem äquatorialen scharf begrenzten Gürtel, der bald bis zum Centrum des Protoplasma vordringt: einer bei Zweitheilung, sechs bei tetraëdrischer Theilung. Nun spaltet sich diese dem „Körnerplättchen“ entsprechende Lamelle in zwei. Die Mutterzellmembran bildet jetzt eine vorspringende Verdickungsschicht, dann wird eine nicht quellbare Cellulosewand in der Mitte der stärkehaltigen Lamelle gebildet; sie schreitet nach der Peripherie fort, wo sie mit der Verdickungsleiste verwächst. Die primäre Theilung ist noch nicht beendet, so beginnt die secundäre. Die Exine soll sich in allen den angeführten Fällen durch unmittelbare Umwandlung des Primordialschlauchs bilden, die Intine durch Ausscheidung von Zellstoff.

Dieses reicht zu einem Urtheil über diese und sonstige Arbeiten Tschistiakoff's über Zelltheilung aus.

Von den auf Taf. I. der Bot. Zeitung l. c. zusammengestellten Figuren nähern sich die wenigsten der Wirklichkeit, die meisten sind merkwürdige Kunstproducte.

Bei all dem Verkehrten war Tschistiakoff der erste, der von der Structur der Kernspindel an vereinzelten Orten etwas gesehen und dieselbe in einigen Figuren auch annähernd richtig abbildete. (Vergl. Bot. Zeitung l. c. Fig. XX und XXIV.) Er schildert sie (l. c. Sp. 20) in den Mikrosporenmutterzellen von Isoëtes Durieui wie folgt: Der „Pronucleus“ hat die Form eines Ellipsoides . . . auf seiner Oberfläche bemerkt man sehr gut, der Länge nach gehende und mehr oder weniger gränzende, d. h. mehr oder weniger dichte Streifen, was eine Differenzirung in seiner

Spindelfasern in geringer Anzahl sichtbar werden. So erhalten wir Bilder wie Fig. 84 und 85. Die Kernspindel, die wir vor Augen haben, besitzt eine stark entwickelte Kernplatte, deren Elemente hin und wieder noch eine Schleife bilden (Fig. 87). Diese Elemente sind seitlich von einander getrennt und zeigen in mittlerer Länge eine unregelmässige Anschwellung (Fig. 84, 85). Betrachtet man die Kernplatte von den Polen aus, so lässt sich feststellen, dass die äquatorialen Anschwellungen radial angeordnete, zum Theil V-förmige Figuren, mit nach aussen gekehrten freien Schenkelenden, bilden (Fig. 86). Die Spindelfasern sind bei Allium Moly an Essigsäure-Präparaten nicht immer leicht zu sehen, sie treten hingegen sehr deutlich an Alkohol-Präparaten hervor. Ihr Nachweis wird um so schwieriger, je länger die Kernplattenelemente sind. Die auseinanderweichenden Kernplattenhälften zeigen fast gleichmässig dicke, stäbchenförmige Elemente (Fig. 87). Die Stäbchen stossen bald an den Polen zusammen. In den Verbindungsfäden ist hierauf die Zellplatte angelegt worden (Fig. 88). Aus dieser geht rasch eine feste Cellulose-Wand hervor.

Die Tochterkerne haben inzwischen eine zusammenhängende Wand erhalten, ihr Inhalt wird unregelmässig körnig, erscheint aber alsbald aus feinen, stark hin und her gebogenen Fäden gebildet (Fig. 90). Diese strecken sich später und zeigen einen, zu der Längsaxe des Kerns zunächst geneigten, später annähernd parallelen Verlauf. Gleichzeitig sind in der Aequatorialebene des Zellkerns quere Fäden ausgebildet worden, welche die ersteren seitlich verbinden (Fig. 91, 92). In der rechts gelegenen Zelle, Fig. 92, ist diese Kernfigur vom Pol aus zu sehen und festzustellen, dass die mehr oder weniger äquatorial verlaufenden Fäden eine einzige, fast an allen Punkten continuirliche Schleifenlinie bilden. Der hier vorliegende Spindelzustand stimmt in der Seitenansicht vollkommen mit Figuren überein, die wir bei der Endospermbildung gewisser Monokotylen zu sehen Gelegenheit hatten; es ist anzunehmen, dass auch die Polansicht der Kerne dort ähnliche Bilder wie hier geliefert hätte. Die Spindeln in dem flach ausgebreiteten Wandbeleg der Embryosäcke lagen uns meist nur in der Seitenansicht vor; die hier beschriebenen Objecte waren besonders werthvoll, weil sie die Möglichkeit auch aller andern Ansichten gewährten. Die Figur 93 zeigt einen der vorhergehenden Figur annähernd entsprechenden Zustand in der Frontansicht einer der beiden

Schwesterzellen. Wie aus diesen Figuren (91, 92, 93) zu ersehen, bilden auch die polwärts gerichteten Fäden Schleifen.

Auf dem nächstfolgenden Zustande werden, wie Seitenansichten zeigen, die polwärts gerichteten Schleifen geöffnet (Figur 94 rechts), und dasselbe lässt sich, auf Scheitelansichten, von den äquatorial gelegenen constatiren (Fig. 94 links). Die letzteren bilden jetzt fast lauter V-förmige, mit den freien Schenkelenden nach aussen gekehrte Figuren. Die Seitenansicht zeigt hingegen eine Anzahl polwärts gerichteter, mehr oder weniger gekrümmter, frei endender, im Aequator mehr oder weniger zusammenhängender Fäden. Das Bild ist jedenfalls sehr ähnlich dem für Galanthus im Endosperm beschriebenen. Zwischen den dicken sich tingirenden Fäden werden auch, wenn auch nur selten, zarte, wenig zahlreiche Spindelfasern sichtbar. Wir haben somit in der Figur 94 den Spindelzustand der Tochterzellkerne vor uns. Derselbe ist nur relativ von dem Spindelzustand des Mutterzellkerns verschieden. Die Seitenansicht der Kernspindel bei Frontansicht der einen Schwesterzelle (Fig. 95) zeigt die polwärts laufenden Fäden der Kernplatte stärker gekrümmt und seitwärts mehr ausbiegend, ein Verhalten, das sich hinlänglich aus den Raumverhältnissen innerhalb der flachen Zelle erklärt.

Während des Auseinanderweichens der Kernplattenhälften finden wir die Elemente derselben stäbchenförmig gestaltet, fast gleichmässig dick, nicht gekrümmt, nach den Polen convergirend. So viel ich feststellen konnte, findet bei Theilung der Kernplatte eine Spaltung der äquatorial gelagerten Fäden, welche die Hauptmasse der tingirbaren Kernsubstanz darstellen, statt. Die verdoppelten V-förmigen Figuren weichen nun beiderseits auseinander und zwar so, dass sie ihre freien Schenkelenden äquatorial, die verschmolzenen polwärts stellen. Daher findet man zu Beginn zwischen einfachen Stäbchen zum Theil solche, die paarweise verbunden sind (Fig. 96). Auf späteren Stadien ist Letzteres nicht mehr zu constatiren.

Die hier geschilderte Art der Spaltung und des Auseinanderweichens der Kernplattenelemente würde das vorliegende Object sehr nahe den von Flemming geschilderten thierischen Objecten bringen, was ich hier zunächst nur constatiren will [1]).

Bald sind die Kernplattenhälften auf definitive Entfernungen von einander gerückt und bilden die Enkelkerne so wie dies

---

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVIII, 1880, p. 205.

Fig. 97 und 98 zeigt. In den Verbindungsfäden ist gleichzeitig die Zellplatte erzeugt worden.

Die Theilung der Schwesterzellen erfolgt entweder in derselben Ebene (Fig. 98), oder in zwei sich rechtwinklig schneidenden Ebenen (Fig. 97), je nachdem sehen wir die vier Enkelzellen definitiv in einer (Fig. 99) oder in zwei Ebenen (Fig. 100) liegen.

Als ein besonders schönes und günstiges Object ist für die Pollenentwicklung Lilium Candidum zu empfehlen. Dies ergiebt sich aus Präparaten, die Herr Stud. Zalewski hier dargestellt hat. Mit Metylgrün-Essigsäure erhält man die vortrefflichsten Bilder, die alle Details der Kerntheilung mit grösster Schärfe zeigen. Die Pollen-Mutterzellen von Lilium candidum sind auffallend gross und ihre Zellkerne erreichen im Durchmesser circa 0,02 Mm. Auch hier geht aus dem Ruhezustand erst der stäbchenförmig gewundene hervor, wobei die Fäden bedeutende Dicke und oft auch wieder auffallende Länge zeigen. Das Kernkörperchen ist zunächst noch erhalten und geht erst später mit in die Fadenbildung ein. Hierauf beginnen sich die Windungen parallel zu einander zu stellen und werden Verbindungen in der Aequatorialebene hergestellt. Die Kernplatte erscheint schliesslich, in den Essigsäure-Präparaten, aus massigen, in einer Schicht liegenden, wenig zahlreichen Elementen gebildet, welche, von den Spindelpolen aus betrachtet, meist eine radiale Anordnung zeigen. Sie bilden dann wieder zwei- bis dreischenkliche Figuren mit nach aussen gekehrten Schenkelenden. Die an die Kernplatte beiderseits anschliessenden, zarten, nicht tingirbaren Spindelfasern sind hier sehr schön zu sehen. Bei beginnender Theilung erfolgt eine deutliche Einschnürung der Kernplattenelemente, die auseinanderweichend stäbchenförmige Gestalt annehmen. Es ist hier leicht festzustellen, dass die stäbchenförmigen Elemente sich an den Spindelfasern entlang zum Pol bewegen. Die Spindelfasern bleiben zwischen den auseinanderweichenden Kernplattenhälften als Verbindungsfäden zurück. Einzelne sich färbende, fadenförmig ausgesponnene Substanztheile der Kernplatte werden rasch eingezogen.

Interessant waren mir die vorliegenden Präparate aus dem weiteren Grunde, dass sie öfters sehr deutlich das Eindringen kleiner Körner aus dem seitlich anstossenden Plasma zwischen die Verbindungsfäden zeigten. Diese Körnchen geben, wie die verschiedenen aufeinanderfolgenden Entwicklungstufen zeigten, das Material zur Bildung der Kernplatte her.

Die sich rasch vermehrenden und seitlich ausbreitenden Verbindungsfäden erscheinen bald von den Tochterkernanlagen durch feinkörnige Plasma getrennt. Sie bilden einen linsenförmigen Körper, der gleichmässig an den Rändern wachsend, schliesslich den ganzen Querschnitt der Zelle durchsetzt und die Zellplatte in sich birgt. Aus letzterer geht eine feste Cellulose-Membran hervor.

In den beiden Schwesterzellen wiederholen sich die nämlichen Vorgänge wie in der Mutterzelle. Doch die Elemente der Kernplatten sind hier etwas anders gestaltet und angeordnet, sie neigen auch in der Seitenansicht stark seitlich auseinander und erinnern somit an die Frontansicht der Kernplatte von Allium Moly (Fig. 96) und ein von Flemming für Allium odorum veröffentlichtes Bild [1]).

Bei Anthericum Liliago finde ich in den Pollenmutterzellen ruhende Kerne mit deutlich abgegrenzter Wandung, einem grossen Kernkörperchen und wenig zahlreichen Körnern. Das Kernkörperchen und die Körner färben sich intensiv. Die Kernspindel ist sehr schlank, d. h. relativ lang und schmal, sie läuft in Folge dessen sehr spitz an den Polen aus. Die Spindelfasern sind sehr dünn; die Kernplatte besteht aus kleinen, zu longitudinalen Streifen mehr oder weniger verschmolzenen Körnern. Diese Streifen werden durch seitliche Abstände getrennt; sie zeigen nur geringe Höhe, in der Mitte sind sie etwas angeschwollen. Von einem der Spindelpole aus gesehen verrathen sie eine radiale Anordnung. Sie färben sich sehr schön, während die Spindelfasern den Farbstoff nicht aufnehmen.

Bei eintretender Theilung der Kernspindel weichen die Elemente der Kernplatte in zwei Hälften auseinander, zarte Verbindungsfäden zurücklassend. Diese vermehren sich rasch. Die Zellplatte tritt in dem Complex der Verbindungsfäden auf, bevor noch dieser den ganzen Querschnitt der Zelle durchsetzt. Aus der Zellplatte wird rasch eine Cellulose-Scheidewand erzeugt. In den Schwesterkernen lassen sich Kernkörperchen nicht erkennen. Die secundären Spindeln sind wie die primären gebildet, die vier schliesslich erzeugten Zellen in einer oder in zwei Ebenen angeordnet.

Neuerdings veröffentlichte Baranetzky Untersuchungen über die Kerntheilungen in den Pollenmutterzellen einiger Tradescan-

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVIII, 1880, Taf. VIII (2), Fig. 22.

tien [1]). Seine Angaben veranlassten mich, auch die von ihm beschriebenen Objecte noch vorzunehmen. Ich untersuchte Tradescantia virginica und elata. Die noch verbundenen Mutterzellen zeigen relativ grobnetzförmigen Inhalt; ein oder mehr Kernkörperchen liegen excentrisch, sind manchmal auch schwer zu unterscheiden. Folgt ein grobkörniger und dann ein gewundenfadenförmiger Zustand. Die excentrischen Kernkörperchen sind noch zu unterscheiden, namentlich an Alkohol-Carmin-Präparaten, wo sie weniger intensiv gefärbt als die gewundenen Fäden sich zeigen. Die Fäden sind von verschiedener, oft ansehnlicher Länge und nicht geringer Dicke. In Brunnenwasser, das Baranetzky zur Untersuchung des ausgedrückten Antheren-Inhalts benutzte, ist von den Zellkernen zunächst nichts zu sehen, dann in dem Maasse, als das Wasser einzuwirken beginnt, treten die Kernbilder immer deutlicher hervor. Diese Bilder sind zunächst zu brauchen. Bei weiterer Einwirkung des Wassers folgen Desorganisations-Erscheinungen. Der helle Raum, in welchem die gewundenen Fäden liegen, wächst mit eintretender Desorganisation bedeutend, und die Fäden treten, quellend, auseinander. Die Körnchen des Zellinhalts werden gleichzeitig gegen die Mutterzellwand getrieben. Manchmal ballen sich die Fäden, statt auseinanderzuweichen, zu einem centralen, soliden Körper zusammen, um welchen sich die Körner des Zellinhalts sammeln. Bei fortgesetzter Wassereinwirkung auf isolirte Kernfäden zeigen diese die merkwürdige, von Baranetzky [2]) entdeckte, Auflösung in eine schraubenförmig gewundene Faser. In Zuckerlösung und Salpeterlösung von entsprechender Concentration ist von den Kernen nichts zu sehen, sie treten erst mit beginnendem Absterben der Zelle hervor. Schöne Bilder erhält man rasch, wenn man Antheren in der mit Metylgrün versetzten einprocentigen Essigsäure zerdrückt. Auch Alkohol-Präparate, am besten mit Carmin tingirt, müssen zu Rathe gezogen werden.

Die gewundenen Fäden ziehen sich nach der Aequatorialebene und bilden die massige Kernplatte. Die Anordnung der Elemente innerhalb derselben zeigt Aehnlichkeit mit derjenigen innerhalb der Mutterzellen von Allium Moly; nur ist die Regelmässigkeit der Figur eine geringere. Zu beiden Seiten der Kernplatte sind noch einige zarte Fasern zu bemerken, sie convergiren nach den Polen und vervollständigen so den Aufbau

---

1) Bot. Zeitung, April 1880, Sp. 241.

2) l. c. Sp. 284 u. ff.

In Brunnenwasser werden sie nie sichtbar und sind daher auc von Baranetzky nicht beschrieben worden, wohl aber treten si sehr scharf an Alkohol-Präparaten hervor. In Essigsäure sind si kaum zu sehen. Die Kernspindel von Tradescantia unterscheide sich somit im Wesentlichen nur durch die Mächtigkeit ihre Kernplatte von der primären Kernspindel von Allium Moly.

Die Kernplatte spaltet sich, wobei gerade Tradescanti wegen der grossen Elemente der Kernplatte, die Einschnürun dieser Elemente leicht constatiren lässt. Verbindungsfäden werde gewohntermassen zwischen den auseinanderweichenden Kernhälfte zurückgelassen. In Brunnenwasser sind dieselben nicht zu sehe und fehlen daher auch in den Baranetzky'schen Abbildungen; a Essigsäure-Präparaten treten sie nur wenig, sehr deutlich da gegen an Alkohol-Präparaten hervor. Die Zellplatte wird in de Verbindungsfäden angelegt. Baranetzky [1]) will im Brunnenwasse die Bildung der Zellplatte direct beobachtet haben; es konnt sich hiebei, meiner Meinung nach, etwa nur um das Sichtbai werden derselben unter Wassereinfluss handeln. — Die Zellplatt führt zur Bildung einer festen Scheidewand.

Die auseinanderweichenden Elemente der Kernplatte strecke sich bei Tradescantia nicht zu Stäbchen, bilden vielmehr gross unregelmässige Körner. Einige solcher Körner werden meist de andern nachgezogen. Diese Körner verschmelzen zu den junge Tochterkernen, die hierauf netzförmig feinkörnig, dann wiede grobkörnig und gewunden-stäbchenförmig werden. Die secun dären Spindeln sind wie die primären gebaut, doch die Kernplatt relativ weniger stark, der feinfaserige Theil relativ stärker ent wickelt. Ueber die Theilung der secundären Kernspindel hab ich nichts Besonderes mehr hinzuzufügen. Doch fiel mir in dei Pollenmutterzellen der Tradescantia auf, was mir sonst kaum ii dem Maasse begegnete, dass nämlich die Theilungsstadien beide Schwesterzellen weit auseinander liegen können. In der einei Zelle war oft noch die intacte Kernspindel, in der andern bereit die Schwesterkerne in definitiver Stellung zu sehen.

Nun galt es mir festzustellen, ob in den Fällen rein tetraëdri scher Theilung die Zellkerne sich ebenfalls in zwei Intervallei theilen, oder ob etwa im Mutterzellkern tetraëdrisch angeordnet Platten auftreten und einen sofortigen Zerfall derselben in vie

1) l. c. Sp. 270, Anm.

Theile veranlassen können[1]). Ich wählte für die Untersuchung **Tropaeolum majus** und zwar habe ich dasselbe nach Alkohol-Material studirt. Die Mutterzellen des Pollens führen hier einen relativ kleineren Zellkern, der ein im Verhältniss grosses Kernkörperchen, sonst wenig Inhalt führt (Taf. IX, Fig. 101). Aus diesem Zellkern geht alsbald die Kernspindel hervor (Fig. 102). Sie zeigt eine Kernplatte, die nur aus einer Schicht Körner besteht und beiderseits derselben feine nach den Polen convergirende Spindelfasern. Zwischen den jungen Schwesterkernen sind die Verbindungsfäden in gewohnter Weise zu sehen, doch nicht eben leicht in dem körnigen Zellinhalt zu verfolgen (Fig. 103). In dem vermehrten und seitlich erweiterten Complex der Fäden entsteht hierauf die Zellplatte, die alsbald den ganzen Querschnitt der Zelle durchsetzt (Fig. 104). Diese Zellplatte wird aber nicht in eine Cellulose-Wand verwandelt, sie schwindet vielmehr wieder, während gleichzeitig die Theilung der beiden Schwesterkerne sich wiederholt. Dieselbe findet stets in zwei sich rechtwinklich schneidenden Ebenen statt (Fig. 105). Die vier Kerne nehmen tetraëdrische Stellung an, dicht an die Wand der Mutterzelle rückend. Die Schwesterkerne des letzten Theilungsschrittes sind durch Fäden verbunden, solche Fäden werden nun auch durch das Zellplasma von dem einen Kernpaare zum andern ausgebildet. Die frei erzeugten Fäden zeigen bei ihrer Anlage denselben Habitus wie die die Kernpaare verbindenden. Uebrigens sind diese Fäden auch an tingirten Alkoholpräparaten bei Tropaeolum nur äusserst schwer zu sehen. Innerhalb der Verbindungsfäden treten nun gleichzeitig alle sechs kreisquadrantischen Zellplatten auf, den Mutterzellraum so in vier tetraëdrisch gelagerte Zellen zerlegend (Fig. 106).

Die Wand der Mutterzelle war bis zu diesem Zustande unverändert geblieben, nunmehr bilden sich an ihr sechs vorspringende Leisten, welche den sechs Zellplatten in ihrer Stellung entsprechen. Diese Leisten verjüngen sich rasch und erreichen eine nur geringe Höhe, so dass sie einen dreieckigen, optischen Durchschnitt zeigen (Fig. 107). Diese Vorsprünge sind früher als Beginn von Scheidewänden angesehen worden, die dann weiter nach innen wachsen sollten. In Wirklichkeit wachsen diese Vorsprünge nicht mehr. Ihre Bildung mag aber veranlasst werden, durch schwache Einschnürung des protoplasmatischen Inhalts, nach

1) Wie Tschistiakoff Bot. Zeitung 1875, p. 6 wieder behauptete.

endeter Viertheilung, an den dem Verlauf der Zellplatten entsprechenden Stellen. Diese Einschränkung ist früher als Beginn der Theilung beschrieben worden, man glaubte, sie setze sich bis zur völligen Trennung der Tochterzellen fort. Thatsächlich werden aber auch hier die Scheidewände simultan aus den Zellplatten gebildet und setzen nur mit ihren Rändern an die Leisten der Mutterzellwand an. Durch die stark quellenden, jungen Cellulose-Wände werden in den Präparaten ,die Pollenzellen auseinander gedrängt (Fig. 108).

Meine früheren Angaben, dass bei simultaner Viertheilung die primäre Zellplatte erhalten bleibt und später gebrochen wird, sind somit zu verbessern.

Die Art wie bei dem geschilderten Vorgang die fehlenden Verbindungsfäden in dem Zellplasma ergänzt werden, erinnert sehr an die freie Zellbildung im Endosperm; Namentlich fällt aber die Uebereinstimmung mit Caltha palustris auf, bei welcher Pflanze die Verbindungsfäden der Kernpaare Verwendung finden und auch nur die fehlenden Verbindungsfäden zu ergänzen sind. Die simultane Viertheilung könnte somit auch zur freien Zellbildung gezogen werden, ihrer sonstigen Beziehungen wegen bleibt sie an dieser Stelle. . Wir sehen eben immer wieder, dass die Vorgänge der freien Zellbildung und Zelltheilung in einander greifen.

Mit Tropaeolum übereinstimmend spielt sich der Vorgang bei allen bis jetzt untersuchten Dikotyledonen ab. In manchen Fällen ist er günstiger, in andern weniger günstig zu beobachten. Mit Zerdrücken der Antheren in methylgrüner Essigsäure kommt man überall am schnellsten zum Ziele, doch sind oft Alkoholpräparate nothwendig, um den dünnfaserigen Theil der Kernspindeln und die Verbindungsfäden sichtbar zu machen.

Rheum undulatum hat eine relativ stark entwickelte Kernplatte, der dünnfaserige Theil der Spindel oft in der Essigsäure zu sehen. In einer Blüthe verschiedene Entwicklungszustände der Antheren, somit leicht vollständige Theilungsreihen zu bekommen. Leider quellen die Mutterzellwände in der Essigsäure stark.

Rumex Patientia hat eine dünnfaserige Kernspindel mit Kernplatte, die von einer einfachen Schicht mittelgrosser Körner gebildet wird. Die primäre Zellplatte wird nur angedeutet.

Beta trigyna und Cicla fand ich verhältnissmässig günstig. Die getrennten Mutterzellen sind hier relativ klein, nehmen aber

rasch an Grösse zu. Die Kernspindel ist dünnfaserig mit einfacher Schicht mittelgrosser Körner in der Kernplatte.

In allen den angeführten Fällen erfolgt die Bildung der Scheidewände simultan. Die Verbindungsfäden sind sehr schwer zu sehen.

Auch Hesperis matronalis habe ich im Hinblick auf Baranetzky's Angaben untersucht. Der feinfaserige Theil der Spindel ist hier unschwer nachzuweisen und auch von Baranetzky oft[1]) gesehen worden. Die Kernplatte ist grobkörnig. Die Verbindungsfäden zwischen dem ersten Schwesterkernpaare treten deutlich hervor und erzeugen eine ausgeprägte Zellplatte, die Baranetzky nicht gesehen hat[2]). Diese Zellplatte schwindet wieder, während sich die Schwesterkerne zur Theilung anschicken. Diese Theilung erfolgt tetraëdrisch. Die neuen Schwesterkerne bilden Verbindungsfäden, dieselben werden auch durch das Zellplasma von den Kernen des einen Paares zu denjenigen des andern ergänzt. Diese Fäden lassen sich hier relativ gut sehen. Es folgt die Anlage der secundären Zellplatten, die Bildung der Vorsprünge an der Mutterzellwand und die Differenzirung der Scheidewände. Die Pollenmutterzellen von Hesperis quellen leicht in der Essigsäure, doch sind unter den gequollenen auch relativ intacte Zellen zu finden, welche die innern Verhältnisse gut zeigen.

Auch Pisum sativum zeigt zu beiden Seiten der körnigen Kernplatte die nach den Polen convergirenden Spindelfasern, ungeachtet diese Baranetzky „gar nicht vorgekommen" sind[3]). Die Spindelfasern sind wenig zahlreich, doch nicht all zu zart und in Essigsäure-Metylgrün unschwer zu sehen.

Nicht alle Monokotyledonen bilden ihre Pollenkörner durch succedane Zweitheilung, wenn dies auch für die allermeisten gilt, ja gerade bei der Gattung Asphodelus unter den Monokotyledonen habe ich die schönsten Objecte für das Studium der simultanen Viertheilung gefunden.

Die Differenzirung des Mutterkerns bis zur Kernspindel schreitet bei Asphodelus albus und luteus in derselben Weise wie bei Anthericum vor, und auch die Spindel ist ganz ähnlich gebaut. Die primäre Zellplatte wird ganz typisch angelegt, aber rückgebildet und in eine feinkörnige, breite Schicht

1) l. c. Sp. 287.
2) l. c. Sp. 289.
3) l. c. Sp. 288.

verwandelt, sobald die Schwesterkerne reif geworden sind. Erst wenn die Enkelkerne annähernd ihre definitive Lage erreicht haben, schwindet diese Schicht vollständig. Die Verbindungsfäden werden nun auch von den Kernen des einen Paares zu denjenigen des andern im Zellplasma ergänzt. An tingirten Alkohol-Präparaten treten sie scharf hervor und sind in den relativ grossen Mutterzellen leicht zu beobachten. Auch kann man sich hier überzeugen, dass in der That die zwischen den Enkelkernpaaren ausgespannten Fäden mit zur Verwendung kommen und nicht etwa, wie man es auch denken könnte, erst rückgebildet und dann gleichzeitig mit den andern neu erzeugt. Wie in den Fällen tetraëdrischer Theilung bei Dikotyledonen, folgt auf die Anlage der secundären Zellplatten auch hier die Leistenbildung an der Mutterzellwandung. Die Scheidewände setzen an diese Leisten an und zwar schreitet hier ihre Ausbildung meist deutlich von aussen nach innen fort.

Für die Untersuchung der Sporen-Mutterzellen bei höheren Kryptogamen hat sich die Essigsäure-Behandlung als weniger vortheilhaft erwiesen; ich griff hier daher zu den Alkohol-Präparaten zurück.

Sehr schön sind die meisten Einzelheiten des Theilungsvorgangs in den relativ grossen Sporenmutterzellen von Psilotum triquetrum zu verfolgen[1]), wenn auch ihr Inhalt im abs. Alkohol sich etwas stark zusammenzieht. Der Umstand, dass verschiedene Entwicklungszustände in demselben Sporangium zu finden sind, erleichtert sehr die Untersuchung.

Bei Psilotum liegen die vier aus einer Mutterzelle hervorgegangenen Sporen entweder in einer Ebene, oder tetraëdrisch angeordnet; doch auch wo sie in einer Ebene liegen, werden die Cellulose-Wände erst nach vollendeter Viertheilung simultan zwischen denselben ausgebildet.

Die noch im Zusammenhang befindlichen jungen Sporenmutterzellen (Taf. IX, Fig. 114) haben einen Zellkern aufzuweisen, der nur wenig der ganzen Zelle an Grösse nachsteht. Dieser Zellkern führt vorwiegend feinkörnigen Inhalt, ausserdem grössere Körner. Eine scharfe Grenze zwischen dem, was als Kernkörperchen anzusprechen wäre und den kleineren Körnern ist nicht zu ziehen. In älteren Mutterzellen, die man bereits getrennt, doch

1) Vergl. die nach lebenden und todten Zellen entworfenen Bilder bei Hofmeister, Pflanzenzelle p. 82.

auch auch zusammenhängend in Tetraden finden kann (Fig. 115), ist der Inhalt des Zellkerns grobkörnig geworden. Hierauf strecken sich die Körner zu langen Fäden (Fig. 116 u. 117), die man alsbald schlangenförmig gekrümmt findet (Fig. 118, 119, 120). Einzelne grössere Körner können dabei noch als solche erhalten bleiben. Auch alle diese Differenzirungen erinnern sehr an die von Flemming in den Epithelzellen der Salamandra-Larven beschriebenen[1]. In Fig. 119 zeigen die gewundenen Fäden innerhalb des Zellkerns annähernd radiäre Anordnung, doch nicht so ausgeprägt wie in entsprechenden Flemming'schen Präparaten. Die Kernwandung geht endlich in die Fadenbildung mit ein.

Weiterhin finde ich in den Mutterzellen eine schön ausgebildete Kernspindel (Fig. 121). Sie ist ausgezeichnet durch eine sehr starke, aus grossen, sich seitlich berührenden Körnern gebildete Kernplatte und die starke Zuspitzung an den Polen. Die Spindelfasern sind zart doch sehr scharf gezeichnet und schneiden sich an den Polen. Die Pole selbst sind öfters in eine verlängerte Spitze ausgezogen und erscheinen aus homogener Substanz gebildet. Ich muss annehmen, dass diese Erscheinung nur dem Einfluss des Alkohols zuzuschreiben sei. In der That erscheint hier nämlich in den Präparaten die Mutterzellwand sehr stark gequollen.

Die Kernplatte speichert begierig Farbstoffe auf, die Spindelfasern bleiben farblos. Auch hier muss die Kernplatte den ganzen, aus Fäden gebildeten, sich gleichmässig tingirenden Inhalt des Mutterzellkerns in sich fassen.

Die Tochterkerne werden bei ihrem Auseinanderweichen beiderseits bis an die Hautschicht der Mutterzelle gerückt. Sie erscheinen zunächst dicht, fast homogen, alsbald werden sie grobkörnig (Fig. 122, 123). Fast der ganze Inhalt der Mutterzelle geht in die Bildung dieser beiden Schwesterkerne und der sie verbindenden Fäden ein (Fig. 122, 123, Taf. IX). Die Verbindungsfäden sind sehr dünn und zahlreich, da aber die beiden Tochterkerne die ganze Breite der Mutterzelle einnehmen, so verlaufen diese Fäden, ungeachtet sie den ganzen Querschnitt der Zelle beanspruchen, fast gerade und parallel zu einander. Die Zellplatte wird von zahlreichen, feinen Körnchen gebil

Bald schwinden die Verbindungsfäden, die Zell

---

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVI . Das diesen Aufsatz später.

aber zunächst noch als körnige, meist leicht nachweisbare Trennungsschicht zwischen den Schwesterkernen erhalten.

Diese wiederholen die Theilung, haben übrigens zuvor dieselben Differenzirungszustände wie der primäre Zellkern der Mutterzelle zu durchlaufen. Die Spindelfasern liegen entweder in derselben Ebene (Fig. 124), oder in zwei sich rechtwinklich schneidenden Ebenen (Fig. 124, 125). Bei rechtwinklich sich schneidenden Theilungsebenen nehmen die Tochterkerne alsbald tetraëdrische Stellung ein; erfolgt die Theilung beider Kerne in derselben Ebene, so bleiben auch die Enkelkerne in dieser Lage (Fig. 127). Bevor die Theilung der Kerne vollendet ist, schwindet der Rest der primären Zellplatte zwischen den Paaren und es werden von jedem Kern des einen Paares zu den beiden des andern, bei tetraëdrischer Stellung; oder von je einem Kern des einen zu dem nächsten Kern des andern Paares, bei ebener Lage, Verbindungsfäden im Zellplasma erzeugt. In allen den Fäden, den zwischen den Schwesterkernen verlaufenden und den frei hinzugebildeten, entstehen jetzt simultan die Zellplatten (Fig. 126, 127, 128), zunächst nur schwach angedeutet (Fig. 126), bald in kräftiger Entwicklung (Fig. 127, 128, Taf. IX).

Hierauf folgt die Ausbildung der Cellulose-Scheidewände, die zunächst sehr quellbar sind (Fig. 129, 130). Die Verbindungsfäden werden innerhalb der einzelnen Zellen bald unkenntlich. Auf dem Entwicklungszustande der Fig. 131 sind die Sporen bereits von eigenen Häuten umgeben; sie werden alsbald durch Auflösung der Mutterzellwand und der Scheidewände frei.

So viel ich bis jetzt sehen konnte, verhält sich Ophioglossum ganz ähnlich wie Psilotum. Schon Treub [1]) hat darauf hingewiesen, dass die Sporangienstände von Ophioglossum sehr günstige Bedingungen der Untersuchung entgegenbringen. Das Reifen der Sporenmutterzellen schreitet nämlich von beiden Enden gegen die Mitte der Sporangienstände fort. Treub hat den grobkörnigen Zustand des primären Mutterzellkerns und die primäre Kernspindel abgebildet [2]). In Methylgrün-Essigsäure färbt sich, wie ich feststellen konnte, die Kernplatte sehr stark, die Spindelfasern werden nicht sichtbar. An Alkohol-Präparaten treten auch diese Fasern schön hervor.

---

1) Natuurk. Verh. koninkl. Akademie. Deel XIX, 1878.
2) l. c. Taf. IV, Fig. 32, 33.

Nach den übereinstimmenden Angaben von Sanio[1]) und Sachs[2]) sind die Sporen-Mutterzellen von Equisetum völlig nackt. Ich konnte mich hingegen überzeugen, dass bei Equisetum limosum eine zarte Membran vorhanden ist, von der sich das Protoplasma zurückzieht. Die Sporen werden in tetraëdrischer Lage innerhalb ihrer Mutterzelle angelegt. Die Entwicklungszustände der Sporenmutterzellen sind innerhalb desselben Sporangium sehr verschieden, das Object somit für die Untersuchung sehr günstig.

Die Fig. 132, Taf. IX zeigt vier Sporen-Mutterzellen noch im Zusammenhange, der Inhalt derselben hat aber bereits ein grobkörniges Gefüge angenommen. Die Körner verschmelzen hierauf zu Fäden und es wird bald darauf der Zustand der Kernspindel erreicht.

Die Kernspindel[3]) ist dadurch ausgezeichnet, dass sie auch im völlig ausgebildeten Zustande noch von der Kernwandung umschlossen sein kann. Sie hat dann annähernd citronenförmige Gestalt, mit einem knopfförmigen Vorsprung an den beiden Polen. Ueber diesen Knopf setzt sich die Kernwandung nicht fort, vielmehr besteht hier unmittelbare Verbindung mit dem umgebenden Protoplasma (Fig. 133, 134, Taf. IX). Die Kernplatte besteht aus groben, seitlich sich fast berührenden Körnern. Die Kernfasern sind scharf gezeichnet, nach den Polen, in oft etwas bogenförmigem Verlauf, convergirend. Das Auseinanderweichen der beiden Kernplattenhälften war in mehreren Präparaten schön fixirt (Fig. 135).

Die Schwesterkerne erreichen die Oberfläche der Mutterzelle (Fig. 136). Die primäre Zellplatte überspannt alsbald den ganzen Querschnitt (Fig. 137). Die Verbindungsfäden schwinden hierauf; die Zellplatte bleibt, in ihrem Aussehen etwas verändert, noch längere Zeit erhalten (Fig. 138, 139). Die beiden Schwesterkerne wiederholen hierauf die Theilung (Fig. 138) und zwar in zwei sich rechtwinklich schneidenden Ebenen. Alles spielt sich wie bei Psilotum ab. In Fig. 138 ist die eine Kernspindel links von der Seite, rechts von der Spitze zu sehen. Fig. 139 zeigt links den Zustand des Auseinanderweichens, rechts ist die Flächen-

1) Bot. Zeitung 1856, Sp. 178, so auch Tschistiakoff in Nuovo Gio Bot. italiano vol. VI, 1874, p. 223.

2) Lehrb. IV. Aufl. p. 14.

3) Etwas von derselben sah Tschistiakoff und bildete es [illegible] und Fig. 9 u. 10, Taf. IX des Giorn. bot. ital. Bd. VI,

ansicht einer der Kernhälften zu bemerken. In Fig. 140 sind die jungen Tochterkerne fast noch homogen; die Zellplatten gebildet. Auch hier müssen die Verbindungsfäden zuvor ergänzt werden. In Fig. 141 haben die Zellkerne an Grösse zugenommen. Aus den Zellplatten gehen jetzt simultan die Cellulose-Scheidewände hervor, die sehr quellungsfähig sind, wie Fig. 142 zeigt. In Fig. 143, Taf. X runden sich die jungen Sporen bereits gegen einander ab, wobei ihre zuvor abgeflachten, excentrischen Zellkerne, sich abrunden und central werden. Es folgt die Auflösung der „Specialmutterzellwände“ und die Befreiung der jungen Sporen (Fig. 144). Diese jungen Sporen sind in der That eine kurze Zeit nackt [1]), umgeben sich aber alsbald mit einer zarten Hülle, deren weitere Differenzirung ich hier nicht verfolgen will. Von dem Augenblicke der Isolirung der Mutterzellen an findet man dieselben innerhalb des Sporenfaches in einer schleimigen Zwischensubstanz eingebettet, die viel Stärkekörner enthält und die mit absolutem Alkohol erhärtet sich schneiden lässt, so dass die Sporenmutterzellen der Präparate in ihrer natürlichen Stellung im Fach erhalten bleiben. Unzweifelhaft schöpften die jungen Sporen später aus dieser Zwischensubstanz das Material zu ihrer weiteren Entwicklung und nimmt die Zwischensubstanz in dem Maasse als sie reifer werden ab.

Höchst merkwürdig ist die Sporenbildung derjenigen Lebermoose, deren Sporenmutterzellen Ausstülpungen bilden. Ich untersuchte hierfür Pellia epiphylla. Die noch kugeligen Sporenmutterzellen füllen sich nach Hofmeister [2]) mit sehr zahlreichen kleinen Chlorophyllkörperchen an. Dann erfolgt nach Dippel [3]) die Bildung der vier Zellkerne, welcher Vorgang durch das Chlorophyll verdeckt wird. Entsprechend der Stellung der vier Zellkerne, ob in zwei sich rechtwinklich schneidenden Ebenen, ob tetraëdrisch, sollen nunmehr die vier Aussackungen der Mutterzelle, in welche je ein Zellkern einwandert, gebildet werden. Die Zellkerne bleiben fast vollständig von dem dichten, an Chlorophyllkörnern reichen Inhalt verdeckt. Die Ausstülpungen nehmen alsbald eiförmige Gestalt an, doch stehen sie noch in offener Verbindung mit einander.

1) So auch Hofmeister, L. v. d. Pflz. p. 149. Russow l. c. 149. Sachs l. c. p. 14.

2) Vergl. Unters. p. 20.

3) Mikroskop p. 57.

Das Material, das mir zur Verfügung stand, zeigte nur die weiteren Entwicklungszustände bis zur Trennung der fertigen Sporen. Ich fand es vortheilhaft, statt Wasser verdünntes Hühnereiweiss für meine Untersuchungen zu benutzen. — An dem innern Rande der vier Ausstülpungen ist die Mutterzellwand am stärksten verdickt [1]); es entstehen so, in den gemeinsamen Innenraum hineinragende, leistenförmige Vorsprünge, die im optischen Durchschnitt zapfenartig erscheinen [2]). Bei gekreuzter Stellung der Sporen sind die Leisten in Dreizahl vorhanden: eine als vollständiger Ring und zwei als Halbringe; bei tetraëdrischer Stellung der Sporen hingegen sechs, in bekannter Weise angeordnete Leisten. Bei günstiger Lage der Mutterzellen habe ich mich auf das Bestimmteste überzeugen können, dass auch hier die Theilung des Inhalts so vor sich geht, dass zunächst Zellplatten, an die zapfenartigen Vorsprünge ansetzend, im Innenraum der Mutterzelle sich bilden. Die Beziehung der Kerne zu der Theilung war bis jetzt nicht aufzuklären; der dichte, körnige Inhalt verdeckt diese Vorgänge.

Hat man übrigens die richtige Concentration der Eiweisslösung für die Untersuchung der Sporen getroffen, so werden letztere, ohne zu platzen, entschieden durchsichtiger, so dass die Zellplatten deutlicher hervortreten. Dieselben verwandeln sich hierauf in Cellulose-Wände. Letztere sind sehr quellungsfähig, so dass nach deren Bildung die Sporen sofort auseinandergerückt werden, und, namentlich bei der Untersuchung im Wasser, ein scheinbar inhaltsleerer, innerer Raum entsteht. Dieses gab wohl die Veranlassung zu den übereinstimmenden Schilderungen von Hofmeister [3]) und von Dippel [4]), dass die Sporen durch eine nach innen convexe Wand vom tetraëdrischen, nur mit wasserklarer, durchsichtiger Inhaltsflüssigkeit erfüllten Mittelraume der Mutterzelle abgeschieden werden. „Diese zarte Membran," schreibt Hofmeister, „ist nicht etwa der Kante der breiten, in den Mittelraum vorspringenden Leisten aufgesetzt, sondern sie schmiegt sich der Fläche derselben an und umschliesst den ganzen Inhalt der Ausbuchtung, der somit jetzt eine sehr zartwandige eiförmige Zelle darstellt: die junge Spore." Was Hofmeister aber als den

1) Vergl. auch Hofmeister l. c. p. 20.

2) Vergl. die Abbildungen bei Hofmeister l. c. Taf. VI und bei Dippel l. c. Taf. IV.

3) l. c. p. 20.

4) l. c. p. 58.

Theilungsvorgang beschreibt, ist die Bildung der bleibenden Sporenwandung, welche in gewohnter Weise und erst auf die Anlage der quellenden Scheidewände folgt. Die Sporenmembran zeigt alsbald feine Poren, und nicht selten ganz feine Vorsprünge auf ihrer Oberfläche. Oft sieht man nun in der Eiweisslösung, jedenfalls in Folge von Quellungserscheinungen, die dünne Wandung der Mutterzelle an den Enden der Ausstülpungen platzen und die Sporen hervortreten. Dann bleiben die entleerten Mutterzellhäute in ihrer ganzen Vollständigkeit zurück; in der Natur hingegen werden die dünnen Theile derselben bei der Befreiung der Sporen gelöst, und nur die verdickten Leisten bleiben eine Zeit lang erhalten. Sie stellen, wie schon Hofmeister (l. c. p. 21) hervorhebt, ausserordentlich zierliche Objecte dar, die man in der Kapsel zwischen den Sporen findet. Ihre Gestalt ist aber verschieden, je nachdem die Anordnung der Sporen eine sich rechtwinklich schneidende oder tetraëdrische war.

Als scheinbare Ausnahme von der allgemeinen Regel, regten mich die Sporen von Anthoceros ganz besonders zur erneuerten Untersuchung an. Namentlich seit meinen letzten, in der botanischen Zeitung [1]) veröffentlichten Untersuchungen, welche alle sonst giltigen Fälle freier Kernbildung bei Zellbildungs-Processen eliminirt hatten, musste es mir ganz unwahrscheinlich erscheinen, dass dieser Vorgang sich auf die Anthoceros-Sporen, respective auf diese, andere Moos-Sporen, und die Makrosporen von Isoëtes, eingeschränkt hätte. Ich benutzte daher die erste Gelegenheit, die sich mir bot, nun die Untersuchung von Anthoceros wieder aufzunehmen. Reichliches Material lieferten mir die Felder der Umgegend von Warschau, wo das Pflänzchen, fructificirend, im im September vorigen Jahres leicht zu finden war.

Da die Literatur über die Theilungsvorgänge in den Sporen-Mutterzellen von Anthoceros besonderes Interesse bietet, so stelle ich dieselbe hier ausführlicher zusammen.

Bekanntlich ist Anthoceros laevis eine derjenigen Pflanzen gewesen, an denen die Vorgänge der Zelltheilung zuerst eingehender studirt wurden. Hugo v. Mohl stellte für dieselbe die Hauptzüge der Entwicklung schon 1839 fest [2]). Er zeigte, dass die grüngelbe körnige Scheibe, die dem Zellkern seitlich anliegt,

---

1) 1879, Sp. 265.

2) In der Linnaea. Abgedruckt in den vermischten Schriften 1845, p. 84, Taf. IV, Fig. 1—29.

zuerst sich theilt. Dann ihre beiden Hälften die Theilung wiederholen. Hierauf diese vier Körnermassen auseinanderrücken und sich tetraëdrisch in der kugeligen Mutterzelle lagern, von faserigen Strängen verbunden. Er sah den Zellkern bis dahin erhalten und auf dem letztgenannten Entwicklungszustande in der Mitte der Zelle zwischen den Strängen aufgehängt; weiter meinte er, dass er resorbirt werde. Zwischen je zwei Körnermassen sollte sich dann eine zarte Linie bilden, und diese Linien, wahrscheinlicher Weise, von aussen nach innen wachsend, im Innern der Zelle sich vereinigen, so den ursprünglichen Zellraum in vier Zellen zerlegend.

Naegeli[1]) schildert in übereinstimmender Weise mit v. Mohl die Theilung der grünen, dem primären Zellkern anliegenden Schleimmasse. Es ist möglich, meint er, dass in der noch ungetheilten Schleimmasse ein Kern verborgen liegt und gleichzeitig mit derselben in zwei Theile zerfällt. Nach der Theilung ist jede der Schleimmassen von einer zarten Membran umgeben und man hat einen Kern vor sich in Gestalt eines Bläschens, dessen Inhalt Chlorophyll und Schleim ist. Diese beiden ovalen Kerne theilen sich jeder in zwei runde grüne Kerne. Die Theilung wird vollzogen durch Auftreten einer Scheidewand, worauf sich die beiden Kernhälften von einander trennen und dabei abrunden. Nachher entfernen sie sich von einander und nehmen tetraëdrische Stellung ein. Hierauf findet die Resorption des mittleren Kernes und die Bildung der vier Zellen statt.

Schacht[2]) nahm an, der Zellkern der Mutterzelle theile sich zunächst, der eine der Schwesterkerne umhülle sich hierauf mit Stärkekörnern und wiederhole die Theilung, ebenso seine Nachkommen, die sich dann tetraëdrisch anordnen. Schliesslich erfolge, vom Umkreis der Mutterzelle aus, die Einschnürung des Zellinhaltes in vier Theile. Dieselbe werde zuerst durch eine Verdickung der Wand angezeigt, an welche eine zarte Linie ansetzt, die nach einwärts dringt.

Hofmeister[3]) liess hingegen die neuen Zellkerne sich aus der Schleimmasse neben dem alten bilden. Die Ansammlung schleimigen Bildungsstoffes, die dem primären Zellkerne anliegt, soll

---

1) Zeitschrift für wiss. Bot. 1844, Heft I, p. 51.

2) Bot. Zeitung 1850, Nr. 24—26. Zuletzt Lehrbuch Bd. I, 181 Taf. I, Fig. 1—7.

3) Vergleichende Untersuchungen 1851, p. 7. Zuletzt 1867, p. 83.

sich zunächst in zwei Hälften theilen und hierauf in jeder dieser Hälften ein Zellkern entstehen, aller Wahrscheinlichkeit nach dadurch, dass beide Ansammlungen von Plasma sich zu sphärischen Massen ballen und mit einer Membran umkleiden. Die jungen Kerne werden oft durch zahlreiche Schleimkörnchen verdeckt. Die beiden Kerne sollen wieder gelöst werden, die Schleimmassen sich von neuem theilen und neue Kerne individualisiren. Diese Kerne gruppiren sich alsbald, durch Schleimstränge verbunden, nach den vier Ecken eines Tetraëders. Der primäre Zellkern bleibt bis dahin erhalten, seine Inhaltsflüssigkeit erscheint immer durchsichtiger, so dass er ausser dem Kernkörperchen keine festen Bildungen mehr enthielt. Dann wird er verflüssigt. Hierauf theilt sich die Mutterzelle durch sechs gleichzeitig entstehende, zwischen zwei Zellkernen verlaufende Scheidewände in vier Zellen.

Tschistiakoff[1]) will hingegen nicht in den Sporen-Mutterzellen von Anthoceros punctatus und den Makrosporen-Mutterzellen von Isoëtes Durieui die Stärkekörnermassen für Nuclei halten. Er giebt an, im Centrum der Zelle vier secundäre Nucleen vorgefunden zu haben, von denen sich jeder vor einer Stärkemasse und nahe bei den Theilungsflächen befand. Sie sind wie die Stärkemassen tetraëdrisch geordnet und in dem Innern des primären Nucleus entstanden, welcher sich hiernach aufgelöst hat. Das Bild Fig. XXIII, Taf. I l. c., welches dies illustriren soll, zeigt, dass Tschistiakoff beliebige Inhaltstheile des Mutterkerns für solche secundäre Kerne hielt.

Alle Beobachter stimmten übrigens darin überein, dass der Zellkern, den man schliesslich zwischen den tetraëdrisch angeordneten, grünen Plasmamassen suspendirt findet, aufgelöst wird. In der That spricht der ganze Augenschein für eine solche Annahme und ich glaubte soweit auch annehmen zu müssen[2]), dass die neuen Kerne aus der sich theilenden chlorophyllhaltigen Schleimmasse hervorgehen. Diese Auffassung hatte nichts auffallendes, so lange die freie Entstehung von Kernen auch an so vielen andern Orten angenommen werden konnte; seitdem es mir nun aber zu zeigen gelang, dass freie Kernbildung an den anderen Orten nicht existirt, musste mir der Fall von Anthoceros, wie schon erwähnt, auch sehr fraglich werden.

Die Anlage und Ausbildung der Sporen von Anthoceros

---

1) Bot. Zeitung 1875, Sp. 22.

2) Zellbildung und Zelltheilung II. Aufl. p. 153.

schreitet von dem Scheitel der Kapsel gegen die Basis derselben fort. Man findet Kapseln, deren oberer Theil schon lange geöffnet ist und seine Sporen entleert hat, während im unteren Theile noch nicht einmal Sporenmutterzellen angelegt sind[1]). Leitgeb ist der Meinung, dass die Sporenproduction überhaupt erst sistirt wird, wenn durch das Absterben des umliegenden Thallusgewebes die weitere Ernährung der Kapsel aufhört. Man findet niemals Kapseln, die bis auf ihren Grund ausgereifte Sporen zeigen möchten.

Die Bedingungen für das Studium der Sporenbildung sind hier somit sehr günstige, denn Längsschnitte durch die Kapsel führen uns gleichzeitig alle aufeinanderfolgenden Zustände der Entwicklung vor.

Junge, völlig gegen einander befreite, kugelige Sporenmutterzellen zeigen einen annähernd centralen Zellkern, der auf feinen Protoplasmafäden suspendirt ist. Der Zellkern führt ein schönes Kernkörperchen. Einseitig liegt diesem Zellkern eine Ansammlung von chlorophyllhaltigem Protoplasma mit eingestreuten Stärkekörnern an (Fig. 145, Taf. X). Diese Plasmamasse schnürt sich alsbald in zwei Hälften ein (Fig. 146, 147), und beide weichen auseinander (Fig. 148, 149). Sie bleiben durch einige farblose Plasmafäden verbunden. Die Mutterzelle wächst gleichzeitig und auch die beiden Chlorophyllkörner nehmen an Grösse und körnigem Inhalte zu. Sie werden ellipsoidisch. Mit sammt dem Zellkern erscheinen sie an den feinen farblosen Fäden, die strahlenförmig nach der Wand der Zelle verlaufen, suspendirt. Hierauf nähern sich die beiden Chlorophyllkörper einander wieder fast bis zur Berührung, und drängen den Zellkern zur Seite (Fig. 150 bis 153). Gleichzeitig bemerkt man an ihnen eine beginnende Einschnürung, ganz so wie an sich theilenden Chlorophyllkörnern (Fig. 150—152). Diese Einschnürung führt alsbald zur völligen Trennung in je zwei annähernd kugelige Hälften (Fig. 153, 154). Alle vier Kugeln liegen in einer Ebene, einander zunächst fast berührend (Fig. 154), einseitig an ihnen der Zellkern. Je nach der Lage der Mutterzelle wird daher das Bild ein anderes sein: die Chlorophyllkörper werden sich von der Fläche (Fig. 154) oder von der Seite (Fig. 155) präsentiren; der Zellkern wird dem Beobachter zugekehrt (Fig. 154) oder von demselben abgekehrt und durch die Chlorophyllkörper gedeckt sein (Fig. 155). Weiterhin

1) Vergl. Leitgeb., Untersuchungen üb. d. Lebermoose V. Heft, 1879, p. 23.

beginnen die vier Chlorophyllkörper auseinanderzuweichen (Fig. 156). Nur kurze Zeit erfolgt dies in der ursprünglichen Theilungsebene, dann beginnt sich das eine Paar gegen das andere zu drehen (Fig. 157, Taf. X) und die Chlorophyllkörper haben alsbald, die Wandung der Mutterzelle fast erreichend, eine tetraëdrische Lagerung in derselben eingenommen (Fig. 158). Zwischen den auseinanderweichenden Chlorophyllkörpern sind aus farblosem Protoplasma zunächst wenig zahlreiche Verbindungsfäden ausgesponnen worden (Fig. 158). Jeder der Chlorophyllkörper liegt selbst in farblosem Protoplasma eingebettet, ohne gegen dasselbe scharf abgegrenzt zu sein.

Der primäre Zellkern der Mutterzelle ist trotz aller dieser Veränderungen bisher unverändert geblieben. Er hat während des Auseinanderweichens der Chlorophyllkörper die centrale Stellung innerhalb der Zelle wieder eingenommen und befindet sich somit innerhalb der Verbindungsfäden suspendirt.

Alles das bisher Geschilderte lässt sich an dem lebend im Wasser untersuchten Objecte beobachten. Unmittelbar neben solchen Zuständen wie Fig. 158, Taf. X, findet man aber auf den Längsschnitten durch die Kapsel solche, die bereits angedeutete Trennungswände in der Mitte zwischen je zwei Chlorophyllkörpern zeigen. In derartigen Mutterzellen ist vom Zellkern nichts mehr zu sehen. Wohl aber bemerkt man weiterhin, in einzelnen definitiv abgegrenzten jungen Tochterzellen, einen kleinen Zellkern im farblosen Plasma neben dem Chlorophyllkörper liegen. Dieses Alles erweckte die Annahme, dass der primäre Zellkern der Mutterzelle aufgelöst, neue in den getrennten Plasmamassen der Tochterzellen gebildet werden.

Auf Grund anderweitiger Erfahrungen musste es mir trotzdem jetzt wahrscheinlicher erscheinen, dass der primäre Mutterzellkern in Theilung eingeht und dass die kleinen Zellkerne in den Tochterzellen dessen directe Nachkommen sind. Diese Wahrscheinlichkeit sicher zu stellen, war hier freilich nicht leicht. Es musste mit Hilfe chemischer Reagentien, welche Theilungszustände der Zellkerne sonst sichtbar machen, operirt werden, alle diese Reagentien riefen aber nachtheilige Wirkungen hervor, und erschwerten die Beobachtung. So wurden die mit absolutem Alkohol behandelten Mutterzellen ganz undurchsichtig, schrumpften auch sehr; 1 % Chromsäure, 1 % Osmiumsäure, 1 % Essigsäure, Pikrinsäure u. s. w. riefen aber starke Quellungserscheinungen an der Membran der Mutterzelle, und zwar besonders auf den in Frage

stehenden Zuständen hervor. Die quellende Membran drückte dann auf den protoplasmatischen Inhalt, der zu einem soliden Ballen schliesslich zusammengedrückt und hierauf oft aus der berstenden Haut herausgepresst wurde. Endlich erwies mir aber doch die 1 % Chromsäure die erwünschten Dienste, als ich darauf kam, die Mutterzellen während der Einwirkung zu beobachten. Das Deutlichwerden der innern Structurverhältnisse der Zelle, hat nämlich zunächst einen Vorsprung gegen die Quellungsschnelligkeit der Membran und man kann etwa eine Viertelstunde lang beobachten, bevor der Inhalt unförmlich zusammengedrückt wird.

Alle Protoplasmatheile färben sich rasch in braungelben Tönen. Der Zellkern tritt auf solchen Stadien wie Fig. 158, Taf. X deutlich hervor. Unmittelbar neben solchen findet man Zustände, wie diejenigen der Fig. 159, die den genannten Zellkern in Spindelform zeigen. Die Spindel ist sehr zart: mit sehr kleinen Körnern in der Kernplatte und sehr dünnen Fasern. Sie ist so orientirt, dass jeder ihrer Pole nach der Mitte zwischen zwei Chlorophyllkörper zeigt; also in der Fig. 159, der eine Pol zwischen die beiden oberen Chlorophyllkörper der Figur, der andere Pol in die Mitte zwischen den dem Beobachter zugekehrten und den von ihm abgekehrten, in die Figur nicht eingetragenen, Chlorophyllkörper. Dicht neben solchen Mutterzellen liegen auch andere, die, wie Fig. 160, zwei kleinere noch durch einige, schwach divergirende Fäden zusammenhängende Zellkerne zeigen. Die Lage des Objects war so günstig, dass man, bei Veränderung der Einstellung, beide Zellkerne sehen konnte. In Fig. 161 ist hingegen nur der eine Zellkern in der Mitte zwischen zwei Chlorophyllkörpern zu bemerken. Diese secundären Zellkerne sind bereits sehr inhaltsarm. Folgt hierauf die Theilung dieser beiden secundären Zellkerne. Die Fig. 162 stellt diesen Augenblick dar und zwar den Moment des Auseinanderweichens der beiden Hälften der Kernplatte. Der Vorgang ist diesmal nur an einem der beiden Kerne sichtbar. In Fig. 163 ist dieser Theilungsvorgang weiter vorgeschritten und die Lage der Figur wiederum so günstig, dass auch von dem zweiten, schräg abwärts gestellten Zellpaare etwas zu sehen ist. Nur relativ wenig Verbindungsfäden werden zwischen den Schwesterkern-Paaren ausgespannt und die Zahl derselbe[illegible] h nicht vermehrt. Die Fäden entfernen sich a[illegible] einander, bleiben vielmehr parallel. Entspr[illegible] Stellung der beiden secundär[illegible]

Kerne, je zwei einander zugekehrten Seiten der Chlorophyllkörper an. Die Verbindungsfäden der Kerne bilden je einen Strang zwischen diesen beiden Seiten. Hierauf wird die Zahl der die Chlorophyllkörper verbindenden farblosen Plasmastränge bedeutend vermehrt. Jeder Chlorophyllkörper ist durch diese zahlreichen dünnen Fäden mit seinen drei Nachbaren verbunden. Sie setzen in seinem Umkreis an und verrathen keinerlei Beziehung zu den kleinen Zellkernen. In gleicher Entfernung von je zwei Chlorophyllkörpern werden aber die Körnchen der Zellplatten sichtbar (Fig. 164).

Alle die geschilderten Zustände der Kerntheilung werden so rasch durchlaufen, dass man, wie schon gesagt wurde, dicht neben Mutterzellen die noch den primären Zellkern zeigen, solche mit bereits ausgebildeten Zellplatten findet.

Alle sechs Zellplattenstücke treten hier simultan in den Verbindungsfäden auf; ihrer Anlage folgt rasch die Ausbildung der Cellulose-Scheidewände (Fig. 165), welche die vier jungen Schwesterzellen: die Sporen, definitiv von einander trennen. Der Zellkern jeder Spore hat jetzt an Grösse zugenommen und ist, in bereits verschobener Lage, neben dem Chlorophyllkörper zu sehen. Noch grösser ist er auf späteren Zuständen, so in Fig. 166, Taf. X, und dann auch leicht zu erblicken.

Somit ist auch dieser letzte Fall, wo der primäre Zellkern der Mutterzelle aufgelöst, die Zellkerne der Tochterzellen aber frei gebildet werden sollten, beseitigt. Ich sage der letzte Fall, denn es unterliegt keinem Zweifel, dass auch die anderen Moose (Gymnostomum, Funaria)[1]), bei welchen, nach Hofmeister, der primäre Zellkern die Bildung der tertiären überdauern soll, sich wie Anthoceros verhalten. Dies folgt ohne Weiteres aus den Hofmeister'schen Figuren (l. c. Taf. XV, Fig. 24 u. ff.). Aber auch die Makrosporen-Mutterzellen von Isoëtes stimmen mit den Mutterzellen der Sporen von Anthoceros auf allen Entwicklungszuständen so vollkommen überein, dass eine Annahme abweichenden Verhaltens der Zellkerne dort gar nicht anzunehmen ist.

Ist es aber auch gelungen das Verhalten der Zellkerne in diesen Fällen auf allgemeine giltige Regeln zurückzuführen, so bleibt doch noch abweichend die Art, in welcher hier die Verbindungsfäden entstehen. Diese Verbindungsfäden verlaufen ja für gewöhnlich zwischen den Zellkernen, hier hingegen zwischen den

1) Hofmeister, vergl. Unters. p. 74, 75.

chlorophyllhaltigen Plasmamassen. Zwar sehen wir bei der freien Zellbildung die Verbindungsfäden frei im Plasma entstehen, ja dasselbe können wir für einen Theil der Fäden auch bei simultaner Viertheilung in anderen Sporen- und Pollenzellen beobachten, doch bilden dort die Zellkerne wenigstens die Mittelpunkte um welche sich die Fäden gruppiren, während hier die Zellkerne völlig zur Seite gedrängt erscheinen. Die Chlorophyllkörper sind in deren Stellung getreten und behaupten dieselbe auch in der fertigen Zelle. Die der Theilung der Zellkerne der Mutterzelle vorausgehende Theilung des Plasmakörpers hat eben auch weiter veränderte Bedingungen nach sich gezogen und die neu hinzukommenden Verbindungsfäden finden hier an den ersten, zwischen den Plasmamassen ausgesponnenen Fäden dieselbe Stütze wie sonst an den zwischen den Schwesterkernen gebildeten. Wie leicht aber der gewohnte Vorgang in diesen ungewohnten übergehen kann, zeigt der Umstand, dass der Fall von Anthoceros sich, wie wir gleich sehen sollen, in ganz derselben Weise an einer anderen Stelle des Pflanzenreichs, nämlich bei Isoëtes Durieui in den Makrosporen-Mutterzellen wiederholt, während die Mikrosporen letzterer Pflanze in dem gewohnten Theilungsmodus verblieben sind.

Nach Hofmeister[1]) sind bei Isoëtes lacustris die Mutterzellen der Makrosporen erheblich grösser als diejenigen der Mikrosporen. Die Sporenmutterzellen zeigen einen grossen Zellkern, der allmälig blasser wird, endlich verschwindet, nachdem zwischen seiner Peripherie und der Innenwand der Zelle zwei stark abgeplattet sphärische Anhäufungen körnigen Schleimes aufgetreten sind. Nach dem Verschwinden der Membran des primären Kernes nehmen jene Schleimhaufen sofort ellipsoidische Gestalt an und erscheinen als zwei secundäre Kerne. Zwischen diesen kann sich die Zelle nun theilen, oder die beiden Zellkerne werden zuvor verflüssigt, vier neue gebildet und dann erst die Theilung der Zelle zwischen denselben ausgeführt. Der letztere Fall ist der seltenere. Die vier Zellen liegen in einer Ebene, nur höchst selten kommt die Anordnung nach den Ecken eines Tetraëders vor. — Ich vermuthe, es handelt sich bei dieser Schilderung nur um die Mikrosporenmutterzellen, von denen auch die Abbildungen (Taf. XIV) stammen. Es wird das zwar nirgends im Text gesagt,

1) Beiträge zur Kenntniss der Gefässpflanzen. Abhandl. der M. Ph. Cl. d. K. Sächs. Gesell. d. Wiss. 2. Band, p. 152, 1855.

doch heisst es weiter unten: „Die Specialmutterzellen der grossen Sporen ausnahmslos tetraëdrischer Anordnung“ etc.

Im nuovo giornale botanico italiano [1]) hat neuerdings Tschistiakoff vorläufige Bemerkungen über die Entwickelungsgeschichte der Sporangien und der Sporen von Isoëtes Durieui [2]) veröffentlicht. Ich möchte hier auch am liebsten mit Sachs [3]) sagen: „zumal sind mir seine (Tschistiakoff's) Auseinandersetzungen über das Verhalten des Nucleus und die Theilungsvorgänge unverständlich“, andererseits möchte ich doch aber Tschistiakoff in jeder Weise gerecht werden und versuche es daher, ihm in seinen Auseinandersetzungen zu folgen. — In den isolirten Mutterzellen der Mikrosporen sollen also nach Tschistiakoff (l. c. p. 209), während aller Zustände ihrer Theilung, der Nucleus und Nucleolus der Autoren nur unter dem Einfluss des Wassers auftreten, weshalb sie von Tschistiakoff bis zur Theilung des Protoplasmas in zwei Theile als nur physiologisch seiend, angesehen werden. Das Wasser als chemisches Reagens gebraucht, macht den Nucleus und Nucleolus sichtbar, indem es sie in den Nucleus und Nucleolus der Autoren verwandelt. Der primäre, excentrische Nucleus der Autoren schwindet nun zur Zeit der Zweitheilung, so dass das Wasser keinen Nucleus mehr auftreten lässt, doch bald zeigt sich ein neuer, centraler Nucleus (auct.), der sich in zwei theilt (wie es Herr Naegeli schon gesehen hat), während das Wasser uns erlaubt, dort (d'y voir) mehrere concentrische Sphären zu sehen, die wohl das sind, was man nach den Autoren concentrische Nuclei nennen müsste. Die Trennung des Protoplasmas schreitet von innen nach aussen fort. Die Mutterzellen theilen sich constant in zwei Intervallen: die zweiten Theilungen erfolgen wie die ersten. Dann bilden sich die Specialmutterzellen, doch nicht im Sinne Naegeli's, denn seine „Specialzellen“ existiren nirgends. Die Mutterzellen der Makrosporen haben ganz andere Eigenschaften, ganz ähnlich den Sporenmutterzellen von Anthoceros laevis. Die wahren Nuclei werden hier in Anwesenheit des wahren primären Nucleus gebildet. Die protoplasmatischen Balken, welche sie unter einander verbinden, entstehen auf Kosten mehrerer protoplasmatischer Fäden, welche mit einander verschmelzen. Die

---

1) Bd. V, p. 207 u. ff.

2) Notice préliminaire sur l'histoire du développement des Sporanges et [illegible] de l'Isoëtes Durieui Bory.

3) [illegible]hrbuch IV. Aufl. p. 472.

Theilung schreitet ebenfalls von innen nach aussen fort, sie ist stets tetraëdrisch.

In der Botanischen Zeitung 1875, Sp. 20 u. ff., scheint Tschistiakoff theilweise seine Auffassungen geändert zu haben, auch finden wir hier noch weitere Details zugefügt; es wäre fast zu glauben, dass derselbe inzwischen auch Alkohol-Material untersucht hätte. Es werden da vor Allem, wie ich es in der Literaturübersicht schon anführte, auf der Oberfläche des Pronucleus die Streifen angegeben, wie Meridiane angeordnet; dann der äquatoriale Wulst, ein dichteres protoplasmatisches Plättchen, durch welches sich das Protoplasma in seinem physiologischen Centrum theilt; dann weiter an den Polen des Pronucleus die protoplasmatischen Sphären, die sich bald in Vacuolen verwandeln: die Pronuclei. Die Theilung erfolgt vom Centrum aus nach der Peripherie hin: sie geht nur in Folge der sich je nach ihrer Polarität gruppirenden Moleküle vor sich, so zwar, dass die ihrer Natur nach verschiedenen Gruppen sich durch die gegenseitige Repulsionskraft trennen müssen. — Für die Makrosporenmutterzellen hebt nun Tschistiakoff, seinen früheren Behauptungen entgegen, hervor, dass er die Stärkemassen nicht für Nuclei hält. Die vier secundären Nuclei entstehen im Innern des primären, der sich hierauf löst; dann legen sie sich jeder vor eine der inzwischen schon tetraëdrisch vertheilten Stärkemassen. In der Nähe der Stärkemassen divergiren nach allen Richtungen unzählige protoplasmatische Fädchen; an den Kreuzungsstellen der Fäden entstehen tetraëdrisch angeordnete, dichtere und gleichförmige Platten, bestimmt, durch die sie später durchziehenden und in zwei Platten trennenden Spalten das Protoplasma in Einzelportionen zu theilen.

Das Material zu meinen Untersuchungen sammelte ich Ende Mai 1874 und dann wieder im Frühjahr 1875 in einem Pinienwalde, dicht am Meeresufer bei Antibes. Es gelang mir auch lebende Pflanzen mit nach Jena zu bringen, wo sie bis jetzt in sandigem Boden gepflanzt, gut gedeihen.

Die Mikrosporen-Mutterzellen von Isoëtes Durieui verhalten sich ähnlich den Pollenmutterzellen der meisten Monokotyledonen. Die noch zusammenhängenden Mutterzellen haben je einen relativ kleinen Zellkern mit schönem Kernkörperchen, sonst wenig Inhalt aufzuweisen (Fig. 109, Taf. IX). Der Kern geht in die Spindelbildung ein (Fig. 110) und zwar tritt die Spindel hier scharf innerhalb des Inhalts hervor, was sie geeignet für die Untersuchung macht. Die Kernplatte wird von einer Schicht

Körner gebildet die einander bis zur Berührung genähert sind. Die Spindelfasern sind dünn, doch deutlich bis zu deren Vereinigungspunkt an den Polen zu verfolgen. In den Schwesterkernen markirt sich alsbald ein von einer helleren Zone umgebenes Kernkörperchen (Fig. 111). Aus der Zellplatte geht sofort eine Cellulosewand hervor die stark quillt und den Inhalt beider Zellen bedeutend auseinanderrückt (Fig. 112, 113). In den beiden Zellen wiederholt sich der Theilungsvorgang, wie aus den Figuren 112 und 113 zu sehen und zwar fast immer in zwei sich rechtwinklich schneidenden Ebenen.

Die Mutterzellen der Makrosporen von Isoëtes Durieui sind von einer bei Mutterzellen von Sporen und Pollenkörnern ganz ungewohnten Grösse, dabei ganz durchsichtig. Sie lassen sich in allen Entwickelungszuständen, vorzüglich mit absolutem Alkohol, fixiren und geben dann in Glycerin sehr instructive Präparate. Die isolirten, kugeligen Mutterzellen erreichen schon vor jeder Theilung einen Durchmesser von circa 0,075 Mm. Der centrale Zellkern wird von grossen Stärkekörnern und dichterem Protoplasma mehr oder weniger einseitig bedeckt. Der Zellkern führt ein grosses Kernkörperchen sonst wenig Inhalt, die Mutterzelle ist von ziemlich weit- und zart-maschigem Protoplasma erfüllt. Das dem Kern anliegende Protoplasma theilt sich nun, während die Mutterzelle selbst etwas an Grösse zunimmt, in zwei Hälften. Jede der beiden Protoplasmamassen nimmt annähernd auch die Hälfte aller Stärkekörner mit; zwischen den einander zugekehrten Flächen der Protoplasmamassen sind während ihres Auseinanderweichens einige Verbindungsfäden gebildet worden. Der Mutterzellkern wird durch dieselben zur Seite gedrängt. Dann wachsen die beiden Protoplasmamassen in zwei sich rechtwinklich schneidenden Ebenen und theilen sich alsbald noch ein Mal. Jede der vier Stärkegruppen rundet sich jetzt mehr oder weniger ab, doch ohne irgend welche gemeinsame Hülle zu erhalten, sie liegt vielmehr in einem feinkörnigen Protoplasmaklumpen eingebettet, von dem die Fäden ausgehen. Die Massen ordnen sich rein tetraëdrisch an, wobei sie in einiger Entfernung von der Mutterzellwand bleiben. Der primäre Mutterzellkern ist jetzt wieder in die Mitte der Mutterzelle gedrängt worden; er ist allseitig von den äusserst zahlreichen, feinen Verbindungsfäden umgeben, deren Zahl sich jedenfalls durch nachträgliche Differenzirung bedeutend vermehrt. Die Theilungsvorgänge gelang es mir nicht, als ich dieses Object untersuchte, zu fixiren, nur konnte ich feststellen dass der centrale

Zellkern auf spätern Zuständen nicht mehr vorhanden ist, wohl aber je ein kleiner Zellkern neben den Stärkemassen sich finden lässt. Das Alles stimmt so vollkommen mit Anthoceros überein, dass auch eine Uebereinstimmung der Zwischenstadien zweifellos anzunehmen ist. Die Bilder der Makrosporenmutterzellen von Isoëtes Durieui, die ich in den beiden frühern Auflagen dieses Buches veröffentlichte, sind in dieser überflüssig geworden, da ich sie durch die ganz entsprechenden und nur vollständigeren Bilder von Anthoceros ersetzen kann.

Innerhalb der zahlreichen Verbindungsfäden werden, zu der Zeit wo der centrale Zellkern für die directe Beobachtung schwindet, die Zellplatten, so wie bei Anthoceros, alle sechs auf ein Mal, angelegt und alsbald in Cellulosewände übergeführt. In den eben getrennten Sporen sieht man noch Fäden von der Stärkemasse gegen die Peripherie laufen, alsbald werden sie aber unkenntlich.

Dass die Vorgänge der sog. Sprossung und succedanen Abschnürung mit der gewöhnlichen Zelltheilung durch Mittelstufen verbunden sind, darauf ist schon wiederholt, zuletzt auch von Sachs[1]), hingewiesen worden. Es sind auch hier nur die Extreme, die so bedeutend von den typischen Vorgängen entfernt erscheinen. Es geht hier im Allgemeinen eine Sprossung der Zelle der Theilung voraus, welche letztere selbst in einer oder der andern der beschriebenen Arten erfolgen dürfte. Wo nur ein Zellkern vorhanden, wird derselbe sich jedenfalls gleichzeitig theilen; wenigstens ist bisher die Vermuthung von Naegeli[2]), dass bei der Astzellbildung der Algen, Florideen etc. „und fast aller Pflanzen" sich der ursprüngliche Zellkern im Lumen der Mutterzelle erhalten, während in der zur Astzelle werdenden Aussackung sich ein neuer bilden sollte, in keinem Falle bestätigt worden. So sollte sich auch an dem Embryosack von Bartonia aurea, nach Hofmeister[3]), gleichzeitig mit dem Auftreten der „Keimbläschen", in der Mikropylgegend eine bauchige Ausbuchtung bilden, in dieser ein freier, kugeliger Zellkern auftreten und dann die ganze Ausbuchtung durch eine Querscheidewand von dem Embryosack geschieden werden[4]). Der Bildung der Ausbuchtung geht nach Hofmeister eine Resorption von Zellen an der Mikropyle voraus, wodurch eine Höhlung entsteht, in die erst der

1) Lehrbuch IV. Aufl. p. 18.
2) Zeitschr. für wiss. Bot. Heft 3, p. 71 und 72.
3) Entstehung d. Embr. p. 39.
4) Vergl. auch l. c. Taf. II, Fig. 37—40.

Embryosack hineinwächst. Der primäre Kern des Embryosackes soll sich aber eben so wenig an der Bildung des Kerns der Ausbuchtung, als an der vorausgehenden Bildung der Keimbläschenkerne betheiligen. In meiner Arbeit über Befruchtung und Zelltheilung konnte ich hingegen feststellen [1]), dass die vordere Aussackung des Embryosackes von Bartonia sich gleich nach Anlage der Eiapparate zu bilden beginnt. Ihre Entstehung wird durch ein starkes Wachsthum der vorderen Enden der Gehülfinnen veranlasst. Die Aussackung führt zwei Kerne, es sind das die beiden Kerne der Gehülfinnen. In Folge eintretender Anschwellung der vorderen Theile der Gehülfinnen erscheint der Embryosack unter denselben eingeschnürt. Die Kerne des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen stammen aber bei Bartonia eben so gut wie in andern Fällen vom primären Embryosackkern ab.

Seitliche Auswüchse und Anschwellungen bilden sich nach Hofmeister auch an einzelnen Theilstücken der bereits in die Endospermbildung durch Theilung eingetretenen Embryosäcke von Pedicularis silvatica [2]), Veronica Buxbaumii, hederaefolia und triphyllos [3]) und Plantago lanceolata [4]). Die Auswüchse sollen in diesen Fällen nicht durch besondere Scheidewände abgegrenzt werden, auch kernlos bleiben können, oder auch Zellkerne erhalten, ja die obere Anschwellung des Embryosacks von Veronica-Arten selbst mehrere transitorische Zellkerne und sogar Zellen [5]) zeitweise aufzuweisen haben. Diese Ausbuchtungen und Anschwellungen erscheinen dann nach Hofmeister meist von Protoplasmaströmen, später von Zellstoffbalken durchsetzt. Ich weiss noch nicht für alle diese Angaben eine Erklärung zu geben. Einige der Auswüchse werden, nach Untersuchungen von Soltwedel, wie bei Bartonia, auf das Auswachsen der Synergiden zurückzuführen sein. Sicher kann ich wohl aber annehmen, dass in keinem Falle auch hier die Kerne frei sich bilden werden.

So glaube ich auch nicht, dass die in den Thyllen beobachteten Kerne [6]) freien Ursprungs sind, nehme vielmehr an, dass dieselben aus ihrer ausserhalb des Gefässes gelegenen

---

1) l. c. p. 43.
2) Schacht, Jahrb. für wiss. Bot. III, p. 339 und Hofmeister, Abhandl. d. k. s. Ges. d. Wiss. IV, p. 613.
3) Hofmeister l. c. p. 620.
4) Ebend. p. 624.
5) So nach Hofmeister bei Veronica-Arten. l. c. p. 620.
6) Rees, Bot. Zeitung 1868, p. 6.

Mutterzelle stammen. Die Bilder von Rees unterstützen diese Annahme.

Im verflossenen Sommer nahm ich, nach fast fünfjähriger Unterbrechung, das Studium der Spirogyren wieder auf. Ich war überzeugt, dass es mir gelingen werde, neue Seiten diesem Objecte abzugewinnen. Fehlte mir doch fast jede Erfahrung auf dem Gebiete der Zelltheilung, als ich meine Beobachtungen über Spirogyren im Herbste 1874 begann, jetzt konnte ich mit ganz neuen Fragen an dieselben herantreten.

Zur Verfügung standen mir drei Species, die ich hier als majuscula Ktz., nitida Link und crassa Ktz. unterscheiden will. Bekanntlich lassen sich die Spirogyren nicht sicher bestimmen und muss es daher fraglich bleiben, ob die hier gewählten Namen zutreffend sind. Namentlich könnte die als Sp. crassa hier bezeichnete Form auch eine neue Species sein, ausgezeichnet durch helle, gelbgrüne Färbung und den Umstand, dass die copulirenden Zellen tagelang mit charakteristisch verändertem Inhalte verbunden bleiben, ehe sie verschmelzen.

Zunächst sei an das in den früheren Auflagen dieses Buches über die Methode der Untersuchung bereits Gesagte erinnert.

Die Spirogyren theilen sich des Nachts [1]), der Vorgang pflegt zwischen 10 und 12 Uhr zu beginnen. Man kann ihn auf den Tag verlegen, wenn man die Pflanzen des Nachts über niederen Temperaturen, oberhalb 0°, doch unterhalb + 5° C., aussetzt. Im verflossenen Sommer pflegte ich die Spirogyren zu diesem Zwecke in flache Teller zu bringen, die ich auf Eis stellte. Dabei machte ich die Wahrnehmung, dass solche Fäden, die an dem Rande des Tellers, ausserhalb des Wassers hängen geblieben. waren, sich besonders verspätet in der Theilung zeigten; die Zustände von Zelle zu Zelle schwankten hier auch auffallend stark. Daher wurden dann absichtlich grössere Fadenmengen an den Rand des Tellers gezogen und brachten hier in dampfgesättigtem Raume unter Einwirkung niederer Temperaturen die Nacht zu.

1) Braun (Verjüngung p. 241) fand die Spirogyren in Theilung, als er die frühesten Morgenstunden zur Beobachtung wählte und zuletzt noch das Mittel ergriff, Exemplare vor Sonnenaufgang in Weingeist zu legen. Auch Sachs, Lehrbuch IV. Aufl. p. 17) legte nach Mitternacht kräftig vegetirende Fäden des Spirogyra longata in sehr verdünnten Alkohol und konnte sie so in Theilungszuständen fixiren. Pringsheim scheint auch bei Tage Theilungen beobachtet zu haben.

Wurden am nächsten Morgen die Pflanzen höheren Wärmegraden ausgesetzt, so pflegten Theilungszustände alsbald einzutreten. Meist fand ich letztere bei Beginn der Untersuchung schon vor, da das Eis während der Nacht geschmolzen war und gegen Morgen in den Gefässen sich Temperaturen eingestellt hatten, die den Beginn des Vorgangs möglich machten.

Der Beobachtung frischer Objecte wurden auch solche fixirter Zustände gesellt. Ja letztere gestatteten es mir erst, in die intimsten Details des Vorgangs einzudringen. Daher zog ich es auch vor, alle Abbildungen nach den fixirten Präparaten darzustellen.

Das Fixiren der Theilungszustände geschah aber nicht mehr mit absolutem Alkohol, sondern, was hier viel günstiger, mit 1 % Chromsäure. Während nämlich im Alkohol der Zellkern aus seiner Lage kommt, die Plasmafäden, die den Zellkern tragen, eingezogen werden, bleibt Alles in der einprocentigen Chromsäure unverändert. Jedes Körnchen behält da seine Lage und nur an der veränderten Färbung sind solche Fäden von frischen zu unterscheiden.

Die Fäden werden mindestens vier Stunden in der einprocentigen Chromsäure gelassen, dann herausgenommen, in destilirtem Wasser wiederholt abgespült und in ein mit Beale'schem Carmin und Campher versetztes Gemisch von etwa 8 Theilen Wasser, 1 Theil Glycerin und 1 Theil Alkohol gelegt. Hier erfolgte nach einiger Zeit eine rosa Färbung des protoplasmatischen Inhalts der Zellen, welche die feineren Structurverhältnisse desselben noch deutlicher machte.

Ueber das Verhalten des Zellkerns der Spirogyren bei der Theilung war früher nur so viel bekannt, dass an seiner Stelle bald zwei neue auftreten. Braun [1]) lässt es unentschieden, ob eine Theilung des Zellkerns vor sich geht, oder eine Auflösung. Letzteres ist ihm wahrscheinlicher, weil die beiden neuen Zellkerne von einer gemeinsamen, reichlichen Schleimhülle, wie sie vorher nicht vorhanden war, umgeben sind. Pringsheim [2]) erwähnt nur, dass in den Theilungszellen an Stelle des einen Cytoblasten zwei neue sich finden, welche bei Beginn der Theilung unmittelbar an der Theilungsebene liegen [3]). Ebenso Schacht [4]) und ähnlich auch

1) Verjüngung p. 258, 1851.
2) Pflanzenzelle p. 32, 1854.
3) l. c. Taf. III, Fig. 1.
4) Lehrbuch Bd. I, p. 77, 1856.

Naegeli[1]. Hartig[2]) giebt an: „da, wo zwei Tochterzellen (von Spirogyra crassa) aus einer Mutterzelle durch Abschnürung entstehen, wird er (der Zellkern) in diese hineingezogen und in zwei gleiche Hälften gespalten.“ Hofmeister[3]) sagt, dass man bei Spirogyra erst dann zwei secundäre Kerne dicht aneinanderliegend, an der Stelle des primären bemerkt, wenn die Bildung der ringförmigen Anlage der die zwei neuen Primordialzellen trennenden Scheidewand bereits begonnen hat. Sachs[4]) endlich: dass man erst bei beginnender Einfaltung, die im Umkreis des centralen Zellkerns stattfindet, in dem centralen Protoplasmaklumpen zwei Zellkerne sieht.

Die Zellen der einen Spirogyra, die ich in Cultur hatte, und hier als Spirogyra majuscula bezeichnen will, waren im Durchschnitt etwa 0,14 Mm. dick und in ausgewachsenem Zustande 1½ bis zwei Mal so lang. Die 8—10 Chlorophyllbänder ziemlich steil und eng gewunden, doch durchsichtig genug, um den Einblick in das Innere der Zelle fast ungestört zu gestatten. Den farblosen Wandbeleg aus Protoplasma fand ich sehr dünn und konnte in demselben eine weitere Schichtung nicht unterscheiden. Der bei natürlicher Lage der Fäden spindelförmig erscheinende Zellkern liess sich in anderer Lage als scheibenförmig erkennen. Er hat somit die Gestalt einer biconvexen Linse (Taf. X, Fig. 2). Die feinen Fäden, die ihn tragen und nach der Peripherie sich meist wiederholt gabelnd verlaufen, setzen einerseits an den schmalen Rand des Zellkerns, andererseits an die Chlorophyllbänder und zwar, wie mir Pringsheim zuerst zeigte, an die Amylonkerne[5]) derselben an. Der Zellkern führt ein grosses deutliches Kernkörperchen, selten deren zwei oder noch mehr.

Fig. 1, Taf. X stellt eine solche Zelle von Spirogyra majuscula und zwar nach der Behandlung mit 1 % Chromsäure dar, um gleichzeitig zu beweisen, wie wenig Veränderungen dieses Reagens an der Zelle hervorruft. Dies Bild ist bei verschiedenen Einstellungen entworfen worden, um gleichzeitig die Oberfläche und den im Innern suspendirten Zellkern zu zeigen.

Die erste Veränderung, die an einem sich zur Theilung an-

---

1) Pflanzenphysiol. Unters. Heft I, p. 43, 1855.
2) Bot. Zeitung 1855, Sp. 411.
3) Lehre von der Pflanzenzelle p. 83, 1867.
4) Lehrbuch I. Aufl. p. 18, 1868.
5) Von Naegeli, Chlorophyllkörner (Stärkekörner, p. 403, 1858), von de Bary Amylonkerne genannt (Conjugaten p. 2, 1858).

schickenden Zellkern bemerkbar wird, ist eine Breitenzunahme desselben (Taf. X, Fig. 3a). Gleichzeitig nimmt auch die dünne Lage körnigen Protoplasmas, die den Zellkern umgiebt, an dessen beiden Endflächen etwas an Masse zu. Man sieht die Körnchen in diesem Protoplasma in lebhafter Bewegung begriffen und hat dieses Protoplasma selbst die Neigung, sich in kurze Fäden, die senkrecht gegen die Endflächen des Zellkerns gerichtet sind, zu verwandeln (Fig. 4). Auch in den Fäden, auf welchen der Zellkern suspendirt ist, wandern die Körnchen hin und her und werden jedenfalls zur Speisung des den Zellkern umgebenden Protoplasmas beitragen.

Das Kernkörperchen bleibt zunächst in seiner Gestalt erhalten (Fig. 3a), doch alsbald, und zwar etwas früher oder später, sieht man es in einige unregelmässig gestaltete Körner zerfallen. Diese Körner haben die Neigung, sich in der Aequatorialebene des Zellkerns anzuordnen (Fig. 4). Gleichzeitig wird der Zellkern im optischen Durchschnitt rechteckig (Fig. 5), um weiterhin rasch die Gestalt einer biconcaven Linse anzunehmen (Fig. 6).

Die Veränderungen, welche das Kernkörperchen erfährt, sind nur mit Hilfe von Reagentien festzustellen, im frischen Zustande wird das Kernkörperchen alsbald undeutlicher und scheint dann zu schwinden. Ausser den von Kernkörperchen stammenden Körnern ist nur wenig mehr feinkörnigen Inhalts in den Zellkernen zu erkennen.

Die beiden biconcaven Endflächen des Zellkerns vertiefen sich immer mehr (Fig. 7), wobei die vom Kernkörperchen stammenden Substanztheile nach der Mantelfläche der Linse getrieben und dort zu einem Ringe angeordnet werden können (Fig. 7).

Hat die Vertiefung der beiden Endflächen der Zellkerne ihr Maximum erreicht, so schwindet die Kernwandung. Ihre Substanz wird zusammen mit derjenigen der Kernkörperchen und sonstigen geformten Inhalts des Zellkerns zur Bildung der Kernplatte verwendet.

Jetzt beginnt der Zellkern wieder rasch an Breite zuzunehmen, wobei die vorausgehende Concavität seiner beiden Endflächen sich nur langsam ausgleicht, so dass die Kernfigur noch längere Zeit die Gestalt einer biconcaven Linse behält (Taf. X, Fig. 8, Taf. XI Fig. 9 u. 10). Gleichzeitig hat sich die Mantelfläche der Linse rinnenförmig vertieft. Von den Rändern der Rinne entspringen jetzt die Fäden, an denen der Zellkern suspendirt ist. Einzelne derselben verschmelzen in der Aequatorialebene

der Zelle mit einander und laufen weiter als gemeinsamer Strang nach aussen, wodurch auch eine äquatoriale Suspension des Zellkerns zu Stande kommt (Fig. 5—10, Taf. X u. XI).

Mit beginnendem Breitenwachsthum des Zellkerns werden andererseits feine Streifen sichtbar, welche senkrecht der Kernplatte aufgesetzt sind und parallel zur Mantelfläche des Kerns laufen: es sind das die Spindelfasern.

Die eben geschilderten Vorgänge im Leben beobachtet, lassen ein Vordringen des umgebenden Protoplasmas beiderseits gegen die Aequatorialebene des Kerns, und dann eine Veränderung der Structur der vorgedrungenen Substanz erkennen. Diese Beobachtung, die ich schon vor Jahren gemacht, veranlasste mich zu der Annahme, dass die Differenzirung der Kernspindel von den Polen gegen die Aequatorialebene vorschreite und dass eine von den Polen abgestossene Substanz sich im Aequator zur Kernplatte sammele. Thatsächlich ergiebt sich jetzt eine andere Deutung und zwar, dass, während die ganze Kernsubstanz sich zur Kernplatte sammelt, beiderseits das an den Polen angesammelte Plasma gegen dieselbe vordringt, um sich in die Spindelfasern zu differenziren.

Dieses Plasma nimmt denn auch in dem Maasse ab, als die Kernspindel wächst (Taf. XI, Fig. 10 u. 11).

Die fertige Kernspindel besteht somit aus der relativ dicken Kernplatte und den zarten Spindelfasern. Die Kernplatte scheint aus einer Reihe sich seitlich berührenden Körnchen zu bestehen, bei Anwendung sehr starker Vergrösserungen und Zusatz von ein wenig Kalilauge lässt sich feststellen, dass die einzelnen Körner der Kernplatte aus noch kleineren Körnchen in Anzahl zusammengesetzt sind. Die Spindelfasern laufen parallel zu einander gegen die concaven Pole der Spindel. Ein anderweitiger Abschluss gegen das umgebende Plasma ist hier nicht gegeben, die Grenze nur durch das Aufhören der Kernspindelfasern markirt.

Die Kernplattenelemente färben sich in Carmin stark, die Spindelfasern nur wenig, ebenso wie das angrenzende Plasma.

In Fig. 11, Taf. XI zeigt sich uns der Zellkern auf dem Stadium, das unmittelbar seiner Theilung vorausgeht. In Fig. 12 beginnt sich die Kernplatte in zwei zu einander parallele Platten zu spalten, die nach den Polen der Spindel rücken, zwischen den auseinanderweichenden Plattenhälften bleiben feine Verbindungsfäden in geringer Zahl zurück (Fig. 13). Diese Verbindungsfäden sind zum Theil ausgesponnene Mittelstücke der Kernplatten-

elemente, zum Theil die zwischen denselben gelegenen Spindelfasern, innerhalb welcher die beiden Kernplattenhälften polwärts gewandert sind. Die Verbindungsstücke der Kernplattenhälften werden bald eingezogen, nur die den Spindelfasern entstammenden bleiben zurück. Sie werden auf Kosten des umgebenden Plasma jedenfalls ernährt, nehmen an Dicke und Länge zu und wölben sich, namentlich die peripherischen, bald nach aussen (Fig. 13). Das Auseinanderweichen der Kernplattenhälften erfolgt so rasch, dass es am lebenden Objecte direct beobachtet werden kann. Es durchläuft die in den Figuren 14 und 15 abgebildeten Stadien. Alsbald haben die beiden Kernplattenhälften ihren definitiven Abstand annähernd erreicht und weichen nur noch ganz langsam auseinander. Da sieht man die Verbindungsfäden zwischen denselben zu einigen Gruppen verschmelzen und sich nun immer stärker nach aussen wölben; dabei verlassen die zuvor in der Mitte gelegenen ihre Anheftungspunkte und wandern bis an den Rand der Kernplattenhälften, von welchem nun alle Fäden entspringen (Fig. 16, 17, 18).

Mit dem Augenblick, wo die Plattenhälften ihren annähernd definitiven Abstand gewonnen haben, beginnt die Ausbildung der Tochterkerne. Diese giebt sich zunächst in einer Dickenzunahme der Kernplattenhälften zu erkennen (Fig. 16). Die Kernplattenhälften verschmelzen seitlich und beginnen sich auszuhöhlen, wodurch eine Kernwandung sich zu differenziren anfängt. Gegen die beiden Endflächen der Anlage mehr oder weniger senkrecht gerichtete Balken durchsetzen jetzt das Innere (Fig. 17). Die Kernwandung hebt sich weiter ab, der Inhalt zeigt sich körnig (Fig. 18). Die Ansammlung des Plasmas an der Polfläche hat während dem nicht unmerklich wieder zugenommen.

Auf Zuständen wie Fig. 19, Taf. XI haben die jungen Zellkerne schon bedeutend an Grösse gewonnen, im Innern derselben werden einige, d. h. zwei bis vier, stark lichtbrechende Punkte bemerkbar, welche rasch zu eben so vielen Kernkörperchen anwachsen. Diese sind regelmässig in der Aequatorialebene des Zellkernes vertheilt, brauchen aber nicht den gleichen Entwicklungszustand zu zeigen (Fig. 19). Nur selten wachsen die angelegten Kernkörperchen gleichmässig fort (Fig. 20), was dann im fertigen Zustande einen Zellkern mit mehreren Kernkörperchen giebt (Fig. 22); gewöhnlich nimmt nur eines derselben an Grösse zu, und rückt schliesslich in die Mitte des Zellkerns ein, während die anderen schwinden (Fig. 21).

Dies Alles ist mit einer stätigen Grössenzunahme des Zellkerns verbunden und einem entsprechenden Verbrauch der angrenzenden Protoplasmamasse, so dass auf dem Zustande der Fig. 22 kaum noch von der ursprünglichen Plasmaansammlung Spuren zu sehen sind, auf dem Stadium der Fig. 24 auch diese geschwunden erscheinen. Die Tochterzellkerne haben aber annähernd ihren definitiven Entwicklungszustand erreicht.

Ich habe es bisher meist unerörtert gelassen, welche der geschilderten Entwicklungszustände direct am lebenden Object und welche nur mit Hilfe von Reagentien zu sehen sind. Die Bilder, die ich als Belege anführte, sind alle nach Chromsäure-Präparaten ausgeführt.

Im frischen Zustande lässt sich die Gestaltsänderung des Zellkerns so wie zunächst schon die Ansammlung von Protoplasma an dessen beiden Endflächen constatiren. Dieses Plasma neigt dazu, sich in Fäden auszuziehen und diese senkrecht gegen die Endflächen des Zellkerns zu stellen. Dann sieht man das schon erwähnte Vordringen des angrenzenden Protoplasma gegen den Aequator. Das Kernkörperchen scheint zu schwinden, doch wird, in besonders günstigen Fällen, die Kernplatte sichtbar. Man sieht die Spaltung derselben und das Auseinanderweichen ihrer beiden Hälften, während von den Spindelfasern nichts zu sehen ist. Das Wachsen der Kernplattenhälften und Auftreten der Kernkörperchen in denselben lässt sich wiederum sehr schön verfolgen, so wie auch das weitere Verhalten der Verbindungsfäden, sobald diese zu dickeren Strängen verbunden sind.

Die Vorgänge der Zelltheilung, die sich gleichzeitig mit denjenigen der Kerntheilung, doch an der Wandung der Zelle abspielen, verlangen keinerlei Reagentien, ja sie sind im frischen Zustande besser als an den fixirten Objecten zu verfolgen. Sie waren schon oft Gegenstand eingehender Untersuchung. Vornehmlich war es Braun[1]), der zuerst das diaphragmaartige Vordringen der Scheidewand, das Einbiegen und endliche Durchschneiden der Chlorophyllbänder, für verschiedene Arten von Spirogyra schilderte. Dann auch Pringsheim[2]), Naegeli[3]) und Sachs[4]). Die Deutung des im Wesentlichen übereinstimmend geschilderten Vorgangs war verschieden, je nach dem Standpunkt,

1) [illegible] 1851.

[illegible]

[illegible], p. 43, 1855.

den die genannten Forscher in der Zelltheilungsfrage eingenommen hatten. Hofmeister fasste die Resultate fremder und eigener Beobachtung in seiner „Lehre von der Pflanzenzelle" zusammen [1]), wobei er sich freilich nicht auf Spirogyra allein, sondern auf alle Fälle bezog, in welchen die Querscheidewand als Ringleiste auftritt und allmälig nach Innen wächst. „Diejenigen der im Allgemeinen cylindrischen Zellen," schreibt er, „welche im Beginn der Scheidewandbildung sich befinden, zeigen ungefähr in der Mitte der Länge an einer gürtelförmigen Stelle eine leichte Einschnürung der chlorophyllführenden Schicht des Wandbelegs aus Protoplasma unterhalb der Hautschicht desselben: eine anscheinende Verdickung der Hautschicht innerhalb einer ringförmigen Zone. Anwendung wasserentziehender Mittel, welche nicht quellungserregend oder lösend auf neu gebildete Membranen wirken, lassen erkennen, dass diese Erscheinung auf dem Vorhandensein einer sehr schmalen, sehr dünnen, queren Ringleiste aus Zellhautstoff beruht, welche — der Innenfläche der Zellhaut rechtwinklig ansitzend — den protoplasmatischen Inhalt mit einer Ringfurche einschnürt." — Eine merkwürdige Vorstellung hat sich endlich neuerdings Tschistiakoff über die Zelltheilung bei Spirogyra gebildet [2]), ich gebe hier dieselbe in wörtlicher Uebersetzung. Es soll also bei Spirogyra ein Gurt gummöser Substanz ausgeschieden werden und dessen peripherische Schicht dann erhärten, daher bilden sich hier zwei Membranen, die sich unter spitzem Winkel begegnen und aussehen, als seien sie gebildet von einer Falte des Primordialschlauches in einem freien Raume.

Die Zelltheilung bei Spirogyra majuscula beginnt mit einer ringförmigen Ansammlung von Protoplasma an der Wand der Zelle in halber Länge derselben. Die ersten Spuren dieser Ansammlung pflegen sichtbar zu werden um die Zeit da auch der Zellkern die ersten Zeichen der Veränderung zeigt. Sie fällt also zusammen mit der Ansammlung von Plasma an den beiden Endflächen des Zellkerns und ein bestimmter Zustand der Zelle mag beide Vorgänge anregen. Doch ist gleich hervorzuheben, dass ein gewisses Schwanken in dem Eintreffen beider Vorgänge zu beobachten ist, und dieselben im Verhältniss verfrüht oder verspätet eintreffen können.

Auch in den sich nicht eben theilenden Zellen kann man

---

1) p. 111, 1867.

2) Nuovo Giornale bot. ital. Bd. V, p. 214.

kleine, dunkel contourirte Körner in unregelmässiger Bewegung an den Rändern der Chlorophyllbänder und auch ausserhalb derselben, in dem farblosen Wandprotoplasma, sehen. Bei eingehender Untersuchung bemerkt man zahlreiche, zarte Ströme feinkörnigen Protoplasmas, die in breiteren oder schmäleren Bahnen sich zwischen und ausserhalb der Chlorophyllbänder bewegen. Von diesen Strömen werden auch die grösseren Körnchen geführt; da sie aber fast zu schwer für die Ströme sind, so bleiben sie alle Augenblicke stehen, um bald darauf wieder ruckweise in Bewegung versetzt zu werden. Häufig sieht man, vom Rande eines Chlorophyllbandes aus, ein stärkeres neues Pseudopodium hervortreten; zahlreiche Körnchen wandern auf dasselbe; es schwillt an seiner Spitze an und bewegt sich gleichsam tastend nach allen Seiten, bis es mit einem andern Strome verschmolzen ist, oder an das benachbarte Band sich anlegt. Gelingt dies nicht bald, so kann das Pseudopodium auch wieder eingezogen werden. Die dunkel contourirten Körner, die mit den Strömen wandern, sind, wie sich mikrochemisch nachweisen lässt, Stärkekörner, und sie werden für die Vegetationsprocesse der Zelle verbraucht. Sie treten direct in der Substanz der grünen Bänder auf, während die grossen Stärkekörner in den Chlorophyllkörnern liegen. Am Tage sind die kleinen Körner sehr zahlreich in den Bändern vertreten, des Nachts schwinden sie aus denselben; sie sind es, die zunächst zum Verbrauch kommen. Die grossen Stärkekörner werden innerhalb der Chlorophyllkörner gelöst, doch bleiben sie, schon ihrer bedeutenden Grösse wegen, viel länger erhalten. Dabei ist wohl anzunehmen, dass sie Material zur Bildung der kleinen Körner im farblosen Plasma ebenfalls hergeben. Eine sehr wesentliche Rolle scheinen sie auch, wie schon früher hervorgehoben wurde, bei der Ernährung des Zellkerns zu spielen, wenigstens war festzustellen, dass die feinen Stränge, die den Zellkern tragen, an die Chlorophyllkörner der Bänder ansetzen.

Noch lebhafter als in den sich nicht theilenden Zellen sind die Strömungen in den in Theilung begriffenen. In der Theilungsebene wird zunächst ein Band aus farblosem nur wenig Körnchen führenden Plasma bemerkbar. Dieses Band ist, je nach den Zellen, schmäler oder breiter. Es lassen sich in demselben meist mehrere, zu einander und zu der künftigen Theilungsebene parallele Streifen erkennen. Diese Streifen buchten sich manchmal seitlich und werden gebrochen, um alsbald wieder in Continuität zu Die Körnchen in dem Bande werden langsam hin und

her geführt, die Zahl derselben steigt ununterbrochen, in Folge der Zuführung durch seitliche Ströme. Sie wird schliesslich sehr bedeutend und nun fällt das Plasmaband leicht bei oberflächlicher Einstellung der Zelle auf (Taf. X, Fig. 3b). Die Körnchen sind sehr klein und müssen bei den stärksten Vergrösserungen beobachtet werden. Eine bestimmte Gruppirung verrathen sie im Anfang nicht, doch fällt alsbald die Neigung auf, sich in einem longitudinalen Streifen anzuordnen. Bei starker Vergrösserung und scharfer Einstellung bemerkt man weiter, dass das Plasmaband die Stärkekörner ganz peripherisch führt, so dass sie in Contact mit der Wandung der Zelle kommen. Die Wandung wird an einer ganz bestimmten Stelle ernährt. Die Stärkekörnchen geben das Material her zu diesem Vorgang. Bei aufmerksamer Betrachtung sieht man einzelne Körnchen, oft eine ganze Reihe derselben schwinden, die Substanz derselben kommt ganz direct der Mutterzellwandung zu. Es entsteht an ihr ein ringförmiger Vorsprung, die erste Andeutung der zukünftigen Scheidewand. Dieser Moment pflegt mit der Ausbildung von Spindelfasern am Zellkern zusammenzufallen (Taf. XI, Fig. 9). Die kleinen Stärkekörnchen erscheinen aber, von dem Augenblicke an wo der ringförmige Vorsprung auftritt, in zwei scharfe Reihen gesondert, welche die beiden Innenkanten dieses Vorsprungs einnehmen. Der Vorsprung tritt bald leistenförmig vor. Das Plasmaband bleibt an dem Innenrande desselben, doch nimmt es an Dicke zu und erhält einen fast kreisrunden Querschnitt. Von den zahlreichen Stärkekörnchen, welche Plasmaströme dem Bande zuführen, wird dieses fast undurchsichtig und ist es dann schwer die beiden Reihen der die Innenkanten der Leiste auskleidenden Körnchen noch zu erkennen. An meinen mit 1% Chromsäure fixirten Präparaten ist es relativ leicht in alle diese Verhältnisse Einblick zu gewinnen. An frischen Objecten kommt man durch Anwendung von Druck am schnellsten zum Ziele. Die Zelle muss durch denselben getödtet, doch nicht zum Platzen gebracht werden. Dann reissen die Chlorophyllbänder in Stücke, quellen blasenförmig auf und ballen sich um Chlorophyllkörner zusammen. Das Wandplasma zieht sich langsam nach dem Innern der Zelle zurück. Es entblösst die Mutterzellwand und die in Bildung begriffene Querwand und es lässt sich nun leicht feststellen, dass letztere mit ihrem inneren Rande in den Ring aus körnchenreichem Protoplasma taucht.

Zu der Zeit, wo die Bildung der Kernkörperchen in den Schwesterkernen beginnt, hat die vordringende Ringleiste kaum

den sechsten bis achten Theil des Halbmessers der Zelle durchsetzt (Taf. XI, Fig. 14—19). Sie erscheint als eine sehr dünne, einfache Ringleiste, die scharf und ohne alle Verdickung an die innerste Verdickung der Mutterzellwand ansetzt.

Die Bildung der Scheidewand ist mehr als zur Hälfte vollendet, wenn die beiden Schwesterkerne die ganze, an ihre äusseren Endflächen anstossende Plasmamasse verzehrt haben (Fig. 20—23).

Durch den vordringenden Plasmaring werden, wie aus früheren Schilderungen bekannt, die Chlorophyllbänder streckenweise von dem farblosen Wandplasma losgelöst und mechanisch in das Innere der Zelle eingefaltet. So entsteht der helle, im optischen Durchschnitt dreieckig erscheinende Raum, der von der jungen Membran durchsetzt wird (Fig. 17—23). Die farblose Plasmaschicht verbleibt an der Mutterzellwand, sie kleidet auch die junge Scheidewand aus und so auch den Winkel, den beide mit einander bilden. Daher müssen die in dem Wandplasma wandernden Stärkekörnchen ihren Weg entlang den Wänden dieses Winkels nehmen. Lässt man auf solche Zellen wasserentziehende Mittel einwirken, so zieht sich die plasmatische Wandschicht ohne Hinderniss auf die Chlorophyllbänder zurück. Der Raum zwischen beiden konnte also nur von wässeriger Flüssigkeit erfüllt sein.

Auf dem Stadium der Fig. 23 etwa, öfter auch schon früher, werden die Chlorophyllbänder durchschnitten und ziehen sich nun ungehindert an die Wand der Zelle zurück, gewöhnlich mit ihrem Ende noch auf die junge Scheidewand hinübergreifend (Taf. XI, Fig. 24).

Bei fortschreitender Entwicklung treffen endlich die inneren Kanten des Plasmaringes auf einander und verschmelzen so, dass derselbe in eine zusammenhängende Platte verwandelt wird. Diese Platte hat die fortwachsende Ringleiste noch zu durchsetzen, damit ihre Ränder schliesslich aufeinander treffen. Von da ab bildet sie eine zusammenhängende Querwand, welche die ursprüngliche Mutterzelle in zwei gleiche Hälften zerlegt.

Bereits auf dem Stadium der Figuren 21 oder 22, wenn die Ringleiste kaum die Hälfte des Weges bis zum Mittelpunkte der Zelle zurückgelegt hat, treffen die zwischen den beiden Schwesterkernen ausgespannten Verbindungsfäden auf den Ring aus Protoplasma. Die Verbindungsfäden werden von nun ab zahlreicher, jedenfalls auf Kosten des Plasma im Ringe; letzteres selbst nimmt aber eine zu ihrem Verlauf parallele oft sehr auffallende Streifung an. Der Vergleich der Figuren 21 und 22 zeigt, worauf wir

schon früher hingewiesen, dass die Vorgänge der Kerntheilung und Zelltheilung nicht immer in demselben relativen Verhältniss der Entwicklung zu einander zu stehen brauchen. In Fig. 22 ist die Differenzirung der Schwesterkerne auffallend weiter fortgeschritten als in Fig. 21; in letzterer Figur schneidet trotzdem die Scheidewand schon tiefer in die Zelle ein. Je weiter aber im Verhältniss die Entwicklung der Scheidewand hinter derjenigen der Kerne zurückblieb, desto stärkere Krümmung werden die Verbindungsfäden erfahren müssen, bevor sie auf den Plasmaring treffen.

Haben die Verbindungsfäden den Ring erreicht, so muss deren Krümmungsmaass bei weiterem Vordringen der Scheidewand wieder abnehmen. Da die Entfernung der Schwesterkerne inzwischen nur unmerklich, oder überhaupt nicht wächst, so müssen die Fäden auch wieder kürzer werden. Gleichzeitig rücken sie näher aneinander und da sie vom Plasma des Ringes verstärkt werden, so bilden sie schliesslich einen fast geschlossenen Hohlcylinder. Noch weiterhin werden die Fäden ganz gerade (Taf. XI, Fig. 25); ihre Insertionen rücken dann auf die innere Endfläche der Zellkerne herab und sie verschmelzen zu einem einzigen Strange. Der Strang endet in der inzwischen aus dem Plasmaringe entstandenen Plasmaplatte. Ist die Scheidewandbildung vollendet, so wird der Verbindungsstrang schliesslich in einen dünnen Faden verwandelt, der längs der Scheidewand fortgleitet, bis er einen entsprechenden Ansatzpunkt an einem Chlorophyllbande findet, andererseits auch an den Rand des Zellkerns sich begiebt.

Schliesslich haben die beiden Schwesterkerne noch so weit auseinanderzurücken, bis sie die respective Mitte ihrer Zellen erreichen. Die Zahl ihrer Aufhängefäden hatte sich während des Theilungsvorganges nur wenig vermehrt, die Anheftung derselben war unverändert geblieben. Bei dem Vergleiche so extremer Stadien wie der Fig. 1 oder 3a, Taf. X mit der Fig. 25 oder 26, Taf. XI fällt dies besonders auf und als Folge des geschilderten Verhaltens auch: dass die Aufhängefäden viel steiler von den Tochterkernen als zuvor von dem Mutterkerne abgehen, dass sie der neuen Scheidewand näher inserirt sind als der alten und dass ihre Zahl in den beiden Zellen nicht wesentlich grösser ist, als zuvor in der einen Mutterzelle. Erst nach vollendeter Bildung der Scheidewand, während des Einrückens der Zellkerne in die Mitte ihrer respectiven Zellen und dem weiteren Wachsthum der

letzteren, werden auch in Bezug auf Suspension die Verhältnisse der Mutterzelle wieder erreicht. Neue Suspensionsfäden, so wie Zweige an den vorhandenen, entstehen aber als Pseudopodien, die im Zelllumen herumtasten, bis sie auf ein Chlorophyllband treffen, an der Anheftungsstelle wird alsbald ein Stärkekorn, resp. ein Amylonkern gebildet.

Der ganze Theilungsvorgang, von den ersten sichtbaren Veränderungen am Zellkern und von der ringförmigen Plasma-Ansammlung an der Wand der Zelle an, bis zur vollendeten Scheidewandbildung, nahm bei Spirogyra majuscula etwa 4 Stunden in Anspruch. In einem concreten Falle notirte ich die einzelnen Zustände desselben wie folgt: Um 9 Uhr früh sammelt sich körniges Plasma an dem Zellkern, gleichzeitig wird das Plasmaband an der Wand der Zelle sichtbar; um 9 U. 15 M., das Kernkörperchen unkenntlich geworden, der Zellkern elliptisch; um 9 U. 20 M., der Zellkern rechteckig, eine Minute später beginnt er an den beiden Endflächen biconcav zu werden; um 9 U. 30 M., der Zellkern auf dem Stadium etwa unserer Fig. 9; um 9 U. 35 M. auf dem Stadium unserer Fig. 11; um 9 U. 40 M. Beginn, soweit sicher festzustellen, des Auseinanderweichens der beiden Kernplattenhälften; um 9 U. 55 Min. ist das Auseinanderrücken fast vollendet, etwa das Stadium unserer Fig. 16. Um 10 U. 18 M. die beiden Tochterkerne im Innern streifig erscheinend, etwa das Stadium der Fig. 18. Um 10 U. 35 M. Auftreten von 2 resp. 3 Kernkörperchen, von denen das eine rasch auf Kosten der andern wächst. Um 10 U. 45 M. in dem linken Kern nur noch ein Kernkörperchen. Die Verbindungsfäden haben den Ring aus Protoplasma an dem Innenrande der Ringleiste erreicht. Diese Ringleiste durchsetzt aber erst etwa ein Drittel des Halbdurchmessers der Zelle; um 1 U. Nachmittags ist die Scheidewandbildung vollendet.

Es sind schon wiederholt für Spirogyren Fälle geschildert worden, in welchen eine Zelltheilung der Kerntheilung nicht gefolgt war, so dass eine Zelle zwei, ja selbst noch mehr Zellkerne enthielt. Naegeli, der zwei Zellkerne in einer Zelle von Spirogyra orthospira, var. spiralis beobachtete[1]), giebt an, dass diese Zelle die doppelte Länge der andern hatte und die beiden Zellkerne genau in der Mitte, zwischen dem Centrum der

---

1) Pflanzenphys. Unters. Heft I, p. 43, 1855.

Zelle und jeder Endfläche lagen. Auch de Bary [1]) hat wiederholt zwei Zellkerne, in der eben geschilderten Lage, in Zellen von Spirogyra longata Kzg. gesehen, ja zweimal sogar drei Kerne: das eine Mal standen alle drei genau in der Mittellinie der Zelle, einer im Centrum, die andern in gleichen Abständen rechts und links, in dem andern Falle lagen sie unsymmetrisch, nahe der Scheidewand. Pringsheim [2]) hat sogar in einer jungen aus der Zygote (Copulationsspore) hervortretenden Pflanze von Spirogyra jugalis fünf Zellkerne in regelmässiger Anordnung angetroffen. Die Pflanze zeigte auch, mit andern jungen Spirogyren verglichen, die Länge eines fünfzelligen Entwicklungszustandes, hatte doch aber nur ein einziges Lumen aufzuweisen.

Mir sind Zellen mit zwei Zellkernen sehr oft begegnet, ich fand dann auch die Zellkerne fast ausnahmslos in der von Naegeli beschriebenen Weise angeordnet: ihre gegenseitige Entfernung war doppelt so gross als diejenige von den nächsten Querwänden. Einige Mal waren die beiden Zellkerne aber auch so gestellt, dass eine sie verbindende Linie diagonal die Zelle durchsetzt hätte. Die merkwürdigsten, bis jetzt so viel ich weiss noch nicht beobachteten Fälle waren aber die, wo die Zelltheilung ohne Kerntheilung erfolgte. Zu einer vollständigen Abgrenzung der beiden Zellen war es übrigens in diesen wenigen Fällen nicht gekommen. Ich fand den Zellkern dann in der Ringleiste eingeklemmt. Einmal war er frei, unfern des Diaphragma, in der einen Zelle suspendirt, ein Theil seiner Aufhängefäden lief aber durch die Oeffnung des Diaphragma in die andere Zelle, um an die Chlorophyllbänder derselben anzuschliessen.

Die zweite Species von Spirogyra, die ich untersuchte, habe ich als Sp. nitida bestimmt. Sie zeichnete sich von der Sp. majuscula durch die geringere Dicke, aber viel bedeutendere Länge ihrer Zellen und durch die relativ grössere Breite ihrer Zellkerne aus [3]). In Fig. 27, Taf. XI habe ich die Mitte einer solchen Zelle nach dem lebenden Zustande dargestellt und auch den Zellkern in dieselbe eingetragen. Alle folgenden Figuren sind nach Chromsäure-Präparaten entworfen. Der Zellkern, wenn er in Theilung eintreten soll, rundet sich zunächst ab, sein Kernkörperchen wird körnig. Dann sammelt sich Protoplasma und zwar hier sehr

1) Conjugaten p. 2, 1858.

2) Flora 1852 u. Jahrb. für wiss. Bot. Bd. II, Anm. p. 230.

3) Die Suspensionsfäden der Zellkerne führen meist zahlreiche Krystalle und zwar von Kreuzform.

reichlich an den beiden Endflächen des Zellkerns an. Es zeigt eine sehr deutliche Streifung senkrecht an diesen Endflächen (Taf. XI, Fig. 29). Von der Substanz des Kernkörperchens ist es hier leicht festzustellen, dass sie fast unmittelbar in die Bildung der Kernplatte eingeht. Die Spindelfasern, die hierauf angelegt werden, divergiren etwas nach den Polen (Fig. 30). Zum Unterschied von Sp. majuscula, nimmt hier die Kernplatte nicht den ganzen Querschnitt des Zellkerns ein, sie erreicht kaum den halben Durchmesser desselben. Die Kernwandung ist aber merkwürdiger Weise bis jetzt erhalten geblieben und zwar in ihrer ursprünglichen Lage, so dass sie durch einen, wohl mit wässriger Flüssigkeit erfüllten Raum von der Kernspindel getrennt wird. Sie bildet einen Mantel um die Spindel und fehlt nur an den Polen (Fig. 30). Möglich dass dieser Mantel auch als Zellplasma besteht. Sehr scharf war, unter sonst gleichen Verhältnissen, die Kernplatte in Fig. 31 ausgebildet. Nunmehr beginnt sich der Zellkern zu strecken (Fig. 32, 33a, 34). Bei fortgesetzter Streckung legt sich endlich der Mantel der Kernspindel auf (Fig. 35a). Dann erfolgt die Spaltung der Kernplatte und das Auseinanderweichen der beiden Hälften derselben (Fig. 36a, Taf. XII). Entsprechend der bedeutenden Länge der Zellen, haben hier die beiden Plattenhälften einen weiten Weg zurückzulegen. Dies veranlasst eine auffallende Streckung der ganzen Theilungsfigur; dieselbe wird schmal und lang (Fig. 37—39, Taf. XII). Die Kernplattenhälften selbst erhalten hier oft das Aussehen in der Richtung des Auseinanderweichens gestreckter Körner (Fig. 39). In Folge der Streckung gehen auch die Verbindungsfäden nicht seitlich auseinander (Fig. 37—39); sie verschmelzen vielmehr schliesslich zu einem einzigen, selten zu mehr denn einem Strange, welcher an der Innenfläche der beiden Kernanlagen inserirt erscheint (Fig. 40). Haben die Kernplattenhälften den bestimmten Abstand erreicht, so beginnt deren weitere Differenzirung in derselben Weise wie bei Spirogyra majuscula. Eine Wandung hebt sich langsam von den jungen Kernanlagen ab; das angrenzende Protoplasma wird als Nahrung aufgenommen. Die jungen Zellkerne haben annähernd kugelige Gestalt. Nur je ein Kernkörperchen tritt in de [illegible] nd zwar bedeutend der inneren Endfläche genähe [illegible] rbindungsfaden beginnt sich jetzt nach ausse [illegible] s so lange fort, bis er den Pl [illegible] dringenden Scheidewand [illegible]

Die Scheidewandbildung beginnt aber bei Spirogyra nitida sehr spät. Meist ist die Kernplatte schon fertig ausgebildet, ohne dass auch nur die Spur einer Plasma-Ansammlung an der Wand der Zelle zu bemerken wäre. Dieselbe pflegt sich meist erst kurz vor Beginn des Auseinanderweichens der beiden Plattenhälften einzustellen. Die Bildung des Plasmaringes, die Ansammlung der Körnchen ist hier sehr schön zu verfolgen. Ich gebe einige Abbildungen derselben bei starker Vergrösserung und hebe hervor, dass diese Zustände zu den mit der gleichen Zahl und dem Buchstaben a bezeichneten Stadien der Kerntheilung gehören. In Fig. 33b Taf. XI sind die Körnchen noch ohne deutliche Gruppirung. In Fig. 35b Taf. XI bilden sie eine meist deutliche, mehr oder weniger regelmässige Reihe. In Fig. 36b Taf. XII endlich ist bereits die erste Spur einer Ringleiste vorhanden, die Stärkekörnchen daher in zwei Längsreihen scharf angeordnet.

Nachdem der Verbindungsfaden, resp. die wenigen Verbindungsfäden, den Plasmaring an der Scheidewand erreicht haben, muss eine Speisung derselben von diesem Plasma aus erfolgen, denn man findet später deren Zahl meist vermehrt. Namentlich fällt dies auf kurz vor Schluss der Theilung, wo oft eine ziemlich bedeutende Strangmasse die Scheidewand mit den Kernen verbindet.

Die starke Spirogyra, die ich hier als Sp. crassa bezeichnen will, verhielt sich ganz so, wie Sp. majuscula; sie war mir aber sehr werthvoll, weil sie besonders gut die Beobachtung der Vorgänge im frischen Zustande ermöglichte. Nicht allein war hier die Kernplatte sehr deutlich zu sehen, es liess sich auch deren Spaltung und Auseinanderweichen leicht verfolgen. Auch die weitere Ausbildung der Tochterkerne aus den Kernplattenhälften präsentirte sich klar und übersichtlich. Daher ich diese Spirogyra, und zwar die von mir beobachtete sehr hell gefärbte Form, besonders für das Studium der Kern- und Zelltheilung empfehle.

Die Zellkerne führen bei dieser Species meist mehrere, am häufigsten 2 Kernkörperchen. Dieses kommt bei Sp. majuscula nur ausnahmsweise vor und könnte vielleicht aus der Gestalt der Zellkerne folgen. Bei Spirogyra nitida, deren Kernanlagen zur Zeit, wo die Kernkörperchen auftreten, fast kugelig sind, sehen wir nämlich auch gleich nur e i n Kernkörperchen sich bilden. Bei Spirogyra majuscula treten mehrere auf und zwar erscheint der Zellkern in dem betreffenden Entwicklungsstadium noch sehr flachgedrückt. Da er hierauf bauchig anschwillt, so werden die Bedingungen für das Wachsthum eines mittleren Kernkörperchens

günstiger und dieses allein entwickelt sich weiter, während die andern schwinden. Bei Spirogyra crassa (var.) bleibt der Zellkern überhaupt flach im Verhältniss zu seiner relativ bedeutenden Höhe und daher entwickeln sich auch die in Mehrzahl angelegten Kernkörperchen gleichmässig weiter.

Bei Spirogyra crassa (var.) ist das Band aus Protoplasma, das sich zu Beginn der Zelltheilung einfindet, meist sehr deutlich, aus mehreren zur Theilungsebene parallelen Streifen gebildet. Die Stärkekörnchen finden sich hier aber in relativ geringerer Zahl nur ein, so dass auch die Anordnung derselben in zwei Reihen, auf den Beginn der Scheidewandbildung folgend, nur wenig scharf auftritt.

Wiederholt beobachtete ich bei Spirogyra crassa (var.) (seltener bei Sp. majuscula) Doppelkerne, welche deutlich aus zwei, mit den einander zugekehrten Endflächen verschmolzenen Kernen, gebildet zu sein schienen. Den Vorgang der etwaigen Annäherung und Vereinigung dieser Kerne habe ich nicht beobachten können, unwillkürlich musste ich mir aber die Frage aufwerfen, ob in den Fällen, wo eine Zelltheilung der Kerntheilung nicht folgte, eine solche nachträgliche Reduction der beiden Kerne auf einen einzigen, vor Eintritt einer neuen Theilung nicht möglich sei. Ich weiss, wie gesagt, eine sichere Antwort auf diese Frage nicht zu geben, doch haben wir gesehen, dass solche Verschmelzungen der Zellkerne unter einander an vielen andern Orten thatsächlich stattfinden.

Wie ich aus meinen älteren, im Vergleich zu den Chromsäure-Präparaten freilich sehr unvollkommenen Alkohol-Präparaten ersehe, verhält sich auch die, durch ihre stark gequollene Cuticula ausgezeichnete Spirogyra orthóspira Naeg. (Spirogyra setiformis Kzg.) ganz wie Spirogyra majuscula bei der Theilung. An frischen Exemplaren dieser Species meine Studien wieder aufzunehmen, fehlte mir die Gelegenheit.

Unerwartete Resultate gab mir die Untersuchung der Kern- und Zelltheilung bei Oedogonium tumidulum Kg., als ich die bei Spirogyra bewährten Methoden auch auf diese Pflanzen anwandte. In reicher Theilung befindliche Fäden wurden in 1 %, Chromsäurelösung eingelegt, in derselben einige Stunden gelassen, dann herausgenommen, [illegible] er abgespült und in, durch Wasser, Glycerin [illegible] inlösungen (Beale'sches Carmin und [illegible] t eingelegt. Die Zellkerne [illegible] und konnten

scheiden [1]) (Fig. 45). Pringsheim giebt an, dass bei Behandlung mit Chlorzinkjodlösung der von der Zellwand abgekehrte Theil des Ringes sich blau färbt, der Zellwand zugekehrte aber gleichzeitig ungefärbt bleibt und sich eine Grenzlinie zwischen beiden Theilen oft in der Weise zeigt, dass der der Zellwand zugekehrte wie in einer Rinne des von der Zellwand abgekehrten liegt [2]). Ich kann diese Angabe jetzt bestätigen. So wird auch nach Hofmeister [3]) bei Oedogonium gemelliparum Pringsh. der Ring kurz vor Aufspringen der Wand durch Kupferoxydammoniak in zwei Schichten zerlegt.

Die Einfügungsleiste des Ringes entspricht dem ursprünglichen, unangeschwollen gebliebenen Theile der Ringleiste. Sie ist resistenter gegen Eingriffe als die übrige Masse des Ringes. Es ist nach obigem also richtig, wenn v. Mohl angiebt [4]), dass der Ring nicht „mit einer breiten Fläche an der Mutterzellwand anliegt, sondern dass er mit derselben nur in zwei sehr schmalen, nahe neben einander verlaufenden, auch von aussen an der Zelle sichtbaren Streifen in Verbindung steht.“ Dagegen gab Hofmeister [5]) an, der Ring sei der Scheitelfläche der Zelle parallel, der Seitenwand derselben dicht angeschmiegt.

Die Zellen der Oedogonien führen in ihrem Wandbeleg aus Protoplasma eine Schicht von mehr oder weniger an einander gedrängten Chlorophyllkörpern, zwischen welchen einzelne grosse, in das Zelllumen vorspringende Amylumkerne eingebettet sind. Der Zellkern liegt der Innenseite der Chlorophyllschicht an, in lebenden Zellen, wenn sie inhaltsreich, ist er oft schwer zu sehen. Die inhaltsreicheren Zellen sind es, die sich theilen.

Die Chromsäure zerstört sehr rasch den grünen Farbstoff und erleichtert den Einblick in das Zellinnere, wo der dunkelkörnig gewordene Zellkern jetzt deutlich hervortritt. Das Färben mit Carmin erleichtert auffallend die Beobachtung.

Die ruhende Zelle zeigt den Zellkern dem protoplasmatischen Wandbeleg anliegend, abgeflacht, ziemlich feinkörnig, mit deutlich umschriebenem, nicht all zu grossem, einzigem Kernkörperchen (Fig. 46). Von der Fläche gesehen erscheint der Zellkern fast

---

1) Hierin meine Angaben in der ersten Auflage dieses Buches zu verbessern.

2) Pflanzenzelle p. 35.

3) l. c. p. 155, Fig. 45.

4) l. c. Sp. 721.

5) l. c. p. 102. Vergl. auch Fig. 20 l. c.

kreisförmig (Fig. 47). Die in Theilung eintretende Zelle zeigt den Kern vergrössert und grobkörnig; eine Ansammlung von Protoplasma im vorderen Zellrande; den Beginn der Ringbildung (Fig. 48). Ein bestimmter Zustand, in den die Zelle eintritt, scheint alle diese Veränderungen gleichzeitig zu veranlassen. Bald beginnt sich der Zellkern in der Längsaxe der Zelle zu strecken und die groben Körner in seinem Innern ordnen sich zu longitudinalen Reihen an (Fig. 48). Auf diesem Zustande ist das Kernkörperchen meist schon geschwunden, öfters aber auch noch zu finden (Fig. 49). Die Körnchenreihen zeigen meist einen etwas gekrümmten und schrägen Verlauf. Es fällt uns bereits die grosse Aehnlichkeit mit gewissen Bildern in sich theilenden Zellen der Tradescantien-Haare auf. In Figur 50 sind die Körner schon mehr oder weniger zu Fasern verschmolzen. Auf dem Zustande der Fig. 51 und 52 tritt uns bereits die fertige Kernspindel entgegen. Sie stimmt fast vollkommen mit den für Leucoium abgebildeten überein, doch ist die äquatoriale Verdichtung meist nur schwach entwickelt. Diese Kernspindel wird auch in ihrer ganzen, sichtbaren Masse gleichmässig tingirt. Sich nicht färbende Spindelfasern sind nicht zu unterscheiden. In den Zellen einer Alge eine Kernspindel von dieser Grösse und von solcher Beschaffenheit zu finden, war für mich zunächst überraschend.

Der Cellulosering der Zelle ist noch vor Ausbildung der Kernspindel fertig. Die Ansammlung von Protoplasma in dem oberen Zellende war inzwischen auch immer deutlicher geworden, sie mag für die nothwendige Ernährung der Zellwand bei der Ringbildung von Bedeutung sein.

Das Auseinanderweichen der Kernspindelhälften dürfte, nach den erhärteten Zuständen zu schliessen, ganz ähnlich wie bei Lilium, Leucoium oder Tradescantia sich abspielen (Fig. 53 u. 54). Doch wurde ich in meinen Erwartungen getäuscht, da ich nun hoffte, eine Zellplatte zwischen den Kernhälften auftreten zu sehen.

Der Zellkern war während des ganzen Verlaufs seiner Differenzirung an der Wand der Zelle verblieben, auch seine beiden auseinanderweichenden Hälften haben sich jetzt an derselben. Zwischen diesen Hälften liegt eine Substanz, welche in den Chromsäure-Präparaten [illegible] nicht gestreift, vielmehr feinkörnig (Fig. 53– [illegible] hung der Verbindungsfäden liegt somit [illegible] den beiden Kernanlagen [illegible] ren, dann auch zu

ihren äquatorialen Enden und es beginnen sich die beiden Schwesterkerne abzurunden. Die Figur 57 zeigt sie in diesem Stadium und zwar von der Fläche gesehen: sie liegen der vom Zuschauer abgekehrten Zellwand an. Jetzt nehmen die jungen Kerne rasch an Grösse zu und zwar auf Kosten des zwischen ihnen angesammelten feinkörnigen Protoplasma. Sie verschlucken dasselbe und rücken so einander immer näher (Fig. 58 und 59). Die longitudinale Streifung des Kerninhaltes ist noch vorhanden, doch beginnen die zuvor continuirlichen Stäbchen in aneinander gereihte Körner zu zerfallen. In Fig. 60 berühren sich die jungen Kerne fast. Auf diesem Stadium, oder schon früher, bemerkt man einzelne Fäden, welche das zwischen den Kernen noch vorhandene Plasma mit dem umgebenden Wandbeleg durch das Zelllumen hindurch verbinden. Die Zahl dieser Fäden vermehrt sich und zwischen dieselben zieht sich alsbald von allen Seiten das Wandplasma hinein, mit dem Plasma zwischen den Kernen eine Brücke bildend, die den ganzen Querschnitt der Zelle überspannt (Fig. 61). Der frei das Zelllumen durchsetzende Theil der Brücke nimmt gegen die Wand der Zelle an Dicke zu, und läuft ganz schmal zwischen den beiden Kernen aus. Hierauf entsteht innerhalb der Plasmabrücke, simultan im ganzen Querschnitt der Zelle, die Zellplatte (Fig. 62, Taf. XII). Sie zeigt deutlich körnige Structur.

Nach Anlage der Zellplatte zieht sich die Plasmabrücke von derselben zurück und die beiden Schwesterkerne beginnen ihre Wanderung nach dem oberen resp. unteren Ende der neu gebildeten Schwesterzellen. Die Zellplatte wird nun frei und scheint gleichzeitig in eine zarte Cellulose-Wand überzugehen (Fig. 63). Man kann leicht feststellen, dass diese Scheidewand die Mutterzelle durchsetzt, ohne an den Seitenwänden derselben befestigt zu sein. In frischen Zellen wird sie, bei Anwendung wasserentziehender Mittel, zusammen mit dem Zellplasma contrahirt.

Zu der Zeit, da die Zellplatte angelegt wird, erscheinen die Zellkerne noch deutlich längsstreifig. Sie können auch bei beginnendem Auseinanderrücken so bleiben, meist verliert sie aber die Streifung noch vor Beginn der Wanderung. Die Körnchen im Innern der Zellkerne erscheinen dann unregelmässig zerstreut. Die Bildung des Kernkörperchens wird meist erst sichtbar, wenn die Streifung zu schwinden beginnt.

Der obere Kern rückt bis an den Ring, der untere

die hintere Hälfte seiner Zelle hinein (Fig. 64). Beide Kerne haben das Aussehen des fertigen Zustandes angenommen.

Der Ring öffnet sich, soweit als der Spalt in denselben reicht, wie eine Falte und wird nun durch die rasche Streckung des Zellinhalts gedehnt (Fig. 65, 66). So stark ist die innere Spannung, dass, da der Riss meist nicht völlig gleichzeitig im ganzen Umkreise der Zelle erfolgt, dieselbe durch einseitige Dehnung an der Rissstelle knieförmig gekrümmt wird; bald gleicht sich diese Krümmung aus [1]). Die Dehnung erstreckt sich übrigens nur auf den eigentlichen Ringkörper, sie trifft nicht die beiden Hälften der Einfügungsleiste. Diese bleiben auch an ihren respectiven Einfügungsstellen befestigt und sieht man daher die Ringmasse, bei sonst bedeutender Mächtigkeit, während noch wenig vorgerückter Streckungsstadien, an ihrem oberen und unteren Rande stets ganz schmal auslaufen (Fig. 43). Die Ringmasse nimmt in solchen Stadien nach der Mitte ihrer Länge an Durchmesser zu [2]); sie wird dünner in dem Maasse als die Streckung fortschreitet und erreicht schliesslich an allen Orten annähernd den Durchmesser ihrer, aus der Einfügungsleiste stammenden, Ansatzstellen. Meine beiden Bilder Fig. 65 u. 66, Taf. XII, sind nach Chromsäure-Präparaten, die ich mit Kali behandelte, entworfen. Die eingetretene Quellung macht die besprochenen Verhältnisse noch deutlicher [3]). Aus der dichteren, zuvor im Innern des Ringes eingeschlossenen Substanzmasse scheint die Cuticula, aus der minder dichten, zuvor äussern Substanzmasse des Ringes, die innere Schicht der eingeschalteten Membran hervorzugehen. — Diese Membran setzt oben und unten dicht an der Risskante und zwar deutlich an der Innenseite der Mutterzellwand [4]), an. Dieses ist während der Streckung sehr deutlich, wird aber nach vollendeter Streckung alsbald unkenntlich, weil die Ansatzstellen sehr schmal sind, durch starke Anspannung in eine zur Mutterzelle parallele Lage gebracht werden und bald eintretendes Dickenwachsthum die sonst noch vorhandenen Differenzen ausgleicht.

---

1) Vergl. Hofmeister p. 103 u. 153.

2) Ebendas. p. 154.

3) Die Abhebung der Cuticula, die sich bei Behandlung mit Kali an älteren Membrantheilen beobachten lässt, blieb in diesen und anderen Bildern, soweit als diese nach Kali-Präparaten ausgeführt wurden, unberücksichtigt, um die Zeichnungen unnützer Weise zu compliciren.

4) Hofmeister l. c. p. 155.

Während der Ring passiv gedehnt wird, sieht man die beiden Schwesterzellen meist ziemlich gleichmässig an Grösse zunehmen, manchmal auch die untere oder die obere schneller wachsen. Die Querwand zwischen den beiden Zellen rückt in demselben Maasse in die Höhe und bleibt erst stehen, wenn sie die eingeschaltene Membran erreicht hat. Mit Kali behandelte Chromsäure-Präparate zeigten übereinstimmend und in der klarsten Weise, dass die junge Querwand an die Basis des eingeschalteten Membranstückes etwas oberhalb seiner Ansatzstelle befestigt wird (Fig. 66). Diese Befestigung wird jedenfalls so bewerkstelligt, wie etwa die Vereinigung der innern Ränder der fortwachsenden Querwand von Spirogyra zu einer zusammenhängenden Membran.

Wie bekannt, bilden die an der Aussenseite der Zellwände vorspringenden Rissränder der jeweiligen Mutterzellen, die Kappen und Scheiden der Oedogonien. Die Scheide hat annähernd die Höhe der unteren Schwesterzelle, die Kappe deckt nur den obersten Theil der oberen Schwesterzelle. Der neue Ring wird, bei wieder eintretender Theilung, unter dem letzten Kappenrande angelegt, wodurch die Zahl dieser Ränder bei jeder Theilung wächst (Fig. 47)[1]. Theilt sich die Zelle, die in der Scheide steckt, so wird, da diese Zelle ohne Kappe ist, der Ring dicht unter der oberen Querscheidewand angelegt (Fig. 56).

Als ich die ersten Präparate von Oedogonium mit auseinanderweichenden Kernspindelhälften zu Gesichte bekam, hoffte ich auch, wie schon erwähnt, alsbald einen Complex von Verbindungsfäden und eine Zellplatte zwischen den beiden Kernanlagen finden zu können. Die Bedingungen zu einer solchen Bildung schienen mir gegeben. Meine Erwartungen erfüllten sich nicht und ich musste nunmehr fragen, ob denn überhaupt bei den Algen die Scheidewandbildung in der für Pflanzenzellen typischen Form schon vorkommt, oder ob diese charakteristische Theilungsform erst bei höheren Pflanzen zu finden ist.

Bei Characeen spielt sich der Vorgang nun thatsächlich so wie bei höheren Pflanzen ab.

Es wurde mir übrigens ziemlich schwer, Theilungszustände bei Characeen aufzufinden, ungeachtet ich Pflanzen dieser Familie zu den verschiedensten Stunden des Tages und der Nacht fixirt hatte. Endlich erhielt ich bei Chara foetida zahlreiche Theilungsstadien, als ich die genannte Pflanze an einem warmen, auf eine

---

1) Nach einem mit Kali behandelten Chromsäure-Präparat.

kühle Nacht folgenden Morgen, an ihrem Standorte, unmittelbar in 1 % Chromsäure einlegte. Die Pflanzen wurden etwa vier Stunden in der Chromsäure gelassen, hierauf mit Wasser ordentlich ausgewaschen, endlich in Beale'sches Carmin auf 24 Stunden gelegt. Ich erhielt so vorzügliche Präparate.

Namentlich theilten sich reichlich die obersten Zellen der sog. Blätter. Um diese eingehender untersuchen zu können, wurde der Vegetationskegel der Pflanze sammt jüngsten Blattanlagen freigelegt und diese letzteren dann noch von dem Vegetationskegel getrennt.

Die Zellkerne der sich theilenden Zellen sind mehr oder weniger central in dem körnigen Plasma der Zelle eingebettet. Das Plasma der Endzelle zeigt einige Vacuolen. Jeder Zellkern führt ein ziemlich grosses Kernkörperchen, sonst wenig Inhalt (Taf. XIII, Fig. 48—52). Die Kernspindel besteht aus dünnen Spindelfasern und einer, aus ziemlich groben Elementen bestehenden Kernplatte. Die Kernspindel ist langgezogen in den Zellen, die sich parallel zu der Längsaxe des Organs theilen (Fig. 48, mittlere Zelle), sie ist breit und kurz in den Zellen, die sich der Quere theilen (Fig. 49, zweite Zelle von unten). Es ergiebt sich das, wie ein Blick auf die Zeichnungen lehrt, aus den Raumverhältnissen innerhalb der Zellen. So findet man die kurze und breite Spindel bei der ersten Theilung der Gliederzellen, wenn dieselben in eine obere Knotenzelle und eine untere Internodialzelle zerfällt. Die langgezogenen Kernspindeln sieht man hingegen in den Knotenzellen, wenn dieselben in seitliche Theilungen eintreten. Zwischen den sich trennenden Kernhälften werden in gewohnter Weise die Verbindungsfäden erzeugt (Fig. 50, Fig. 51, dritte Zelle von oben); innerhalb dieser zeigt sich in ganz typischer Weise die Zellplatte (Fig. 49, unterste Zelle, Fig. 51, zweite Zelle von unten). Bei dem ersten Theilungsschritt der Gliederzelle muss die Zellplatte eine bedeutende seitliche Ausdehnung erfahren, bis dass der ganze Querschnitt der Zelle überspannt ist; man sieht den Complex der Verbindungsfäden im Verhältniss wachsen. Bei den folgenden Theilungen der Knotenzelle ist der Querschnitt der Zelle rasch durchsetzt. Die Zellplatte ist alsbald in eine Cellulose-Membran verwandelt. Es fällt auf bei den Theilungen in der Knotenzelle, dass der eine Schwesterkern grösser wird als der andere: der grössere ist der zur weiteren Theilung nächst bestimmte. In der bei ihrer Anlage so überaus flachen nodialzelle (Fig. 48, 51, 52) erfährt der Zellkern alsbald

eine bedeutende Streckung; sein weiteres Verhalten werden wir später in's Auge zu fassen haben.

Hingegen gelang es mir bis jetzt nicht, bei allen sonstigen Abtheilungen der Algen, wenn ich die Chareen, deren Stellung unter den Algen ja überhaupt fraglich ist, von denselben abrechne, Zelltheilung mit Zellplattenbildung innerhalb echter Verbindungsfäden aufzufinden.

Sphacelaria scoparia, die ich noch besonders eingehend untersuchte, trat an der Riviera di Ponente, erst Mitte April 1880 aus der Winterruhe. Die mit dunklem Inhalt erfüllten Scheitelzellen sowohl, als auch die an dieselben grenzenden Gliederzellen, begannen sich nunmehr zu theilen. Es war in der zweiten Hälfte Aprils in Mentone ein Leichtes, an frisch aus der See geholten Pflanzen alle Theilungsstadien aufzufinden.

Einige Abbildungen der Theilungszustände von Sphacelaria scoparia finden sich bereits bei Naegeli [1]. Derselbe giebt an, dass die centrale, kernähnliche Körnermasse der Zelle sich in zwei doppelt kleinere theilt und dass zwischen diesen beiden Kernhaufen eine horizontale Wand entsteht.

Die Zellen der Sphacelaria führen einen centralen Zellkern, der von dunklen Körnern verdeckt ist und in einem lockeren Maschenwerk aus Protoplasma suspendirt erscheint. Das Maschenwerk lässt sich bei näherer Betrachtung als ein System unregelmässiger, polygonaler Kammern erkennen. Die Wände dieser Kammern stossen peripherisch an eine zarte Hautschicht. Dieser Hautschicht liegen die olivengrünen Farbstoffkörner an und zwar in ihrer Lagerung den Ansatzstellen der Kammerwände vorwiegend folgend.

Durch Säuren und Alkalien, durch Alkohol, werden die den Zellkern umgebenden Körnchen gelöst, mit 1 % Osmiumsäure schwarz tingirt, mit Jod braun gefärbt, so dass uns in denselben jedenfalls ein viel Fett enthaltender Eiweisskörper vorliegt. Die Farbstoffkörner der Peripherie bleiben bei Auflösung der Fettkörper erhalten.

Die frischen Präparate lassen, der dunklen, den Zellkern verhüllenden Körner wegen, die Veränderungen am Zellkern bei beginnender Theilung nicht erkennen. Wohl aber sind die Theilungsvorgänge des Zellkörpers an frischen Objecten sehr instructiv.

---

1) Zeitschrift für wiss. Bot. I. Bd. I. Heft, 1844, Taf. II, Fig. Tafelerklärung p. 126.

Geeignete Alkohol-Präparate waren von Sphacelaria nicht darzustellen, da der Alkohol stets Contractionen des Zellinhaltes veranlasste. In 1 % Chromsäure eingelegte Präparate ergänzten hingegen in sehr werthvoller Weise die frischen. Die Chromsäure löste die Körnchen um die Zellkerne nach längerer Einwirkung fast vollständig auf, so dass die Zellkerne dann schön sichtbar wurden. Auch fixirte sie das ganze Kammerwerk aus Protoplasma.

In Chromsäure-Präparaten zeigt der ruhende Zellkern (Taf. XIII, Fig. 37) ein grosses, homogenes Kernkörperchen, eine zarte Wandung und dieser genähert, ziemlich viel feinkörnigen Inhalts. Soll der Zellkern in Theilung eintreten, so sieht man zunächst die ihn umgebenden Körner sich an zwei entgegengesetzten Stellen seiner Oberfläche sammeln. Hierauf streckt sich der Zellkern beträchtlich (Fig. 38) und wird die Kernspindel gebildet. Die Spindel führt sehr dünne Spindelfasern und eine aus kleinen Körnern in einfacher Schicht gebildete Kernplatte (Fig. 39). In gewohnter Weise spaltet sich hierauf die Kernplatte und ihre beiden Hälften sind in wechselnden Abständen innerhalb der fixirten Präparate aufzufinden (Fig. 40). Die Fig. 41 und 42 zeigen weitere Zustände, die von bekannten Bildern bei höheren Pflanzen, soweit es sich um die Differenzirung der Tochterkerne handelt, nicht abweichen. Wohl aber fällt die geringe Entwickelung der Verbindungsfäden schon in Fig. 41 auf. In Fig. 42 verbinden kaum noch einzelne Stränge die jungen Kerne; sie sind jedenfalls in dem umgebenden Protoplasma verschwunden. Die Kernkörperchen treten, wie Fig. 42 zeigt, in Mehrzahl auf, auf späteren Zuständen ist nur ein einziges in jedem Zellkern zu finden.

Hervorgehoben muss hier werden, dass die angeführten Bilder verschieden grossen Zellen, die verschieden grosse Zellkerne führten, entnommen sind, sich daher in ihren Grössenverhältnissen nicht unmittelbar vergleichen lassen.

Die Theilungsvorgänge des Zellkörpers wollen wir an lebenden Objecten verfolgen. Die Fig. 43, die nach dem Leben gezeichnet ist, dürfte etwa dem Stadium des Chromsäure-Präparats Fig. 44 entsprechen. Zwischen die auseinanderweichenden Kernanlagen wandert die um dieselben angehäufte körnige Masse ein. So sehen wir dann eine dunkle, hantelförmige Figur in dem hellen Kammerwerk aus Protoplasma liegen. Die körnige Masse zwischen
ernanlagen zeigt eine mehr oder weniger deutliche grobe
ig. Die Streifen laufen in der Verbindungslinie beider

Kerne. Man wäre wohl geneigt, diese Streifen für Verbindungsfäden der Zellkerne zu halten und ihnen denselben Ursprung wie bei den bisher betrachteten Pflanzen zu vindiciren; doch lehren Chromsäure-Präparate leicht, dass dem nicht so ist. Nach längerem Liegen in 1 % Chromsäure wird die körnige Masse zwischen den Zellkernen vollständig entfernt, während sonst das ganze System der Plasmakammern intact zurückbleibt. Kurzes Liegen in 1 % Chromsäure fixirt den Plasmakörper, entfernt die körnige Masse nur zum Theil und macht sie im Verhältniss durchsichtiger, so dass der Zusammenhang der Substanz zwischen den Zellkernen mit derjenigen an der Aussenseite der Zellkerne leicht zu constatiren ist. Die jungen Zellkerne liegen auf vorgeschritteneren Entwicklungsstadien völlig abgerundet und frei in dieser Masse eingebettet. Haben aber die jungen Zellkerne die definitive Entfernung von einander erreicht, so sieht man die körnige Masse sich von deren Innenseite hinweg nach der Mitte zwischen dieselben ziehen (Fig. 44). Einzelne Körnerstränge verbinden sie noch mit den Zellkernen. Auch jetzt kann durch Chromsäure die ganze körnige Masse entfernt werden und dann bleibt an deren Stelle nichts als ein sehr weitmaschiges Kammerwerk aus Zellplasma übrig. Die nach dem Aequator der Zelle, in gleiche Entfernung von den beiden Zellkernen gewanderte Körnermasse stellt eine Zellplatte dar, die freilich in ihrer Entstehung von den bisher betrachteten Zellplatten sich mehrfach unterscheidet; sie weicht von denselben auch dadurch ab, dass sie nicht in zarter Schicht, vielmehr in Gestalt einer massigen Scheibe auftritt (Fig. 44). Diese Scheibe weitet sich nun an ihren Rändern in schmaler Schicht aus, bis dass der ganze Querschnitt der Zelle überspannt ist; sie bleibt dabei in ihrer Mitte angeschwollen (Fig. 45). Diese Zellplatte findet eine Stütze an dem Kammerwerk aus Protoplasma, dessen Kammern gleichzeitig eine bestimmte Formveränderung zeigen, so zwar, dass sie sich in der Richtung vom Zellkern zur Kernplatte strecken. Die äussere Abgrenzung dieses die Zellplatte stützenden Kammersystems wird durch Wandpartien markirt, welche an den Aussenrand der Zellkerne, somit gleichzeitig an die dort angehäufte Körnermasse stossen. Diese Wandpartien treten im Bilde besonders hervor durch ihre Dicke und die an ihnen haftende körnige Substanz. Diese markirten Wandpartien des Kammerwerks am Protoplasma brauchen nicht den Rand der Zellplatte zu treffen, sie setzen meist schon in einiger Entfernung von dieser an die Hautschicht der Zelle an

(Fig. 45). Auch durch die im Innern zerstreuten Körnermassen sondert sich das die Zellplatte bergende, zwischen den beiden jungen Kernen gelegene Kammersystem gegen die Umgebung ab, so dass es bei Betrachtung der betreffenden Theilungszustände sofort in die Augen fällt (Fig. 45).

Das Bild erinnert auffallend an einen von einer Zellplatte durchsetzten, an zwei Schwesterkernen befestigten Complex von Verbindungsfäden, wie wir ihm sonst begegnet. Doch sahen wir nur an fixirten Präparaten dieses Bild, das dem lebenden hier zu entsprechen scheint. Die Aehnlichkeit musste immerhin in mir die Vorstellung erwecken, dass es sich hier um ganz die nämlichen Theilungsvorgänge wie bei den früher betrachteten Pflanzen handelt; nach eingehender Untersuchung musste diese Vorstellung zum Theil aufgegeben werden.

Aus den Substanztheilen der Zellplatte, deren Natur in diesem Falle zweifellos mit derjenigen der die Kerne umgebenden Körnermassen übereinstimmt, entsteht hierauf die Cellulose-Membran. An den Rändern wird die Zellplatte fast vollständig in deren Bildung verbraucht; der mittlere angeschwollene Theil der Zellplatte wird von der Membran im Innern durchsetzt. Erst nach Anlage der jungen Scheidewand vertheilt sich die dunkle Körnermasse fast gleichmässig über dieselbe (Fig. 46). Sie dient jedenfalls noch zu deren Ernährung. Hierauf ziehen sich aber die überschüssigen Körnermassen nach den Zellkernen zurück und die junge Scheidewand wird von denselben entblösst (Fig. 47). Die Anordnung der Kammerwände im Verhältniss zu der jungen Scheidewand bleibt aber längere Zeit erhalten, was immer noch an Bilder erinnert, wie sie sonst durch Anschluss der Verbindungsfäden an die junge Scheidewand geschaffen werden.

In der Scheitelzelle, die stets mit dunklem Inhalt besonders erfüllt erscheint, zieht sich letzterer bei jeder Theilung wieder nach dem Scheitel und ist der, der neuen Scheitelzelle zufallende Zellkern grösser als sein Schwesterkern.

Wie geschildert wurde, kommt es bei Spirogyra öfter vor, dass der Kerntheilung eine Zelltheilung nicht folgt, und die Zelle somit zwei, ja selbst noch mehr Zellkerne führt. Ich habe Grund anzunehmen, dass solche mehrkernige Zellen bei Spirogyra nicht von Dauer sind und dass die Kerne, ähnlich wie wir dies in vorübergehend mehrkernigen Zellen der Phanerogamen gesehen haben, alsbald miteinander zu je einem einzigen verschmelzen.

Bei Craterospermum laetevirens A. Br., welches wie Spirogyra zu den Conjugaten gehört, giebt nun aber de Bary[1]) die Existenz einzelner, dauernd zweikerniger Zellen an.

Die junge Keimpflanze von Craterospermum laetevirens wird zunächst von einem einzelligen Schlauche gebildet, der auch nur eine einzige Chlorophyllplatte besitzt. Bei weiterem Wachsthum des Schlauches zerfällt diese Platte aber der Quere nach „in vier Partien, welche durch farblose, Zellsaft führende Interstitien getrennt werden". — Dies „ist das erste Anzeichen einer bevorstehenden Theilung des Keimschlauches durch Querwände". Um die Mitte einer jeden der vier Platten entsteht die ringförmige Anlage einer Querwand, die unter gleichzeitiger Einfaltung des Primordialschlauches und Einschnürung der Platte in der Mitte, centripetal in das Lumen des Schlauches hineinwächst und sich zuletzt zur vollständigen Membranlamelle schliesst, nachdem die Platte sich vorher in zwei Hälften getheilt hat. Das Zerfallen der vier Platten und die Bildung der vier Querwände beginnt und vollendet sich durchaus gleichzeitig, der Keimschlauch theilt sich somit durch Querwandbildung mit einem Male in fünf Tochterzellen. Aus der Anordnung der Platten vor der Theilung und der angegebenen Stellung der Querwände geht hervor, dass von jenen fünf Zellen des jungen Fadens die oberste und unterste mit je einer, die drei anderen mit je zwei Chlorophyllplatten versehen sind. Bei den folgenden Theilungen entstehen nun in einer jeden Zelle gleichzeitig so viele Querwände, als Chlorophyllplatten in derselben vorhanden sind, und zwar je um die Mitte einer Platte eine Querwand. Jede der drei mittleren, zweiplattigen Zellen theilt sich somit gleichzeitig in drei Tochterzellen, deren mittlere wiederum zwei, deren seitliche je eine Chlorophyllplatte erhalten. Die oberste und unterste der fünf erstgebildeten theilen sich durch eine Querwand in je zwei mit je einer Platte. — „In allen anderen Zellen des Fadens wiederholen sich die Theilungen fort und fort in gleicher Weise. Eine einfache Chlorophyllplatte zerfällt, ausser bei der Querwandbildung, niemals in zwei. Es bleiben daher, so viel neue Zellgenerationen auch entstehen mögen, stets drei zweiplattige, Dreitheilung zeigende Zellen, während durch ihre und der einplattigen Theilung die Zahl der letzteren fort und fort vermehrt wird." (Vergl. hierzu l. c. die Figuren 1—13, Taf III.) In den Zellen mit einer Chlorophyllplatte liegt ein

1) Conjugaten p. 16 u. 17.

Zellkern genau in der Mitte der Platte und auch der Mitte der Zelle. Zellen mit zwei Chlorophyllplatten führen auch zwei Zellkerne. Der Mittelraum der Zelle ist hier von farbloser Flüssigkeit erfüllt, die Zellkerne liegen auf den Platten nicht ganz in deren Mitte, vielmehr demjenigen Ende der Platte näher, das dem farblosen Mittelraum zugekehrt ist. Sowohl bei den zwei- als bei den einplattigen Zellen entspricht die Anlage der Scheidewand der Stelle, wo die Zellkerne liegen. Durch die Theilung der zweikernigen Zellen in gleichzeitig drei Schwesterzellen werden somit immer wieder eine mittlere zweikernige Zelle und zwei einkernige Endzellen geschaffen.

Merkwürdig ist es jedenfalls, dass in einem Zellfaden der aus sonst gleichwerthigen Zellen besteht, einige wenige dieser Zellen, zum Unterschied von andern, dauernd zweikernig bleiben.

Bei einer Conferva-Art beobachtet Schmitz [1]) dasselbe Verhalten, bei andern Conferven hinwiederum regelmässig je zwei Kerne in jeder Zelle. Da soll Zweitheilung der beiden Kerne stattfinden bevor die Zelle selbst sich theilt, so dass kurz vor der Theilung die Zelle vier Zellkerne führt.

Mit dauernd vielkernigen Zellen bei höher organisirten Pflanzen hat sich neuerdings Treub [2]) eingehend befasst. Treub fand, dass die Bastfassern und die Milchröhren verschiedener, den Euphorbiaceen, Asclepiadeen, Apocyneen und Urticaceen (im weiteren Sinne) gehöriger Pflanzen normal mehrkernig sind. Die Zellkerne dieser Zellen unterscheiden sich nicht von denjenigen anderer Zellen derselben Pflanze, manchmal sind sie etwas grösser, öfter etwas länger. In mehrkernigen, thierischen Zellen sollten sich nun nach E. von Beneden die Kerne durch Zerfall (Fragmentation) und nicht durch Theilung vermehren. Treub weist hingegen nach, dass die Zellkerne der oben genannten mehrkernigen Zellen sich nicht anders als diejenigen der benachbarten einkernigen Zellen theilen. Als besonders günstig für die Untersuchung empfiehlt Treub die Bastfasern von Humulus Lupulus, Vinca minor, Urtica dioica und die Milchröhren der beiden zuletzt genannten Pflanzen. Die Zellkerne einer Zelle theilen sich alle gleichzeitig, Treub fand deren bis dreissig in Theilung. Zellplatten werden aber nicht gebildet.

Die ausführliche, eben erschienene Arbeit von Treub [3]) bringt

---

1) Szbr. der niederrh. Gesellsch. 4. Aug. 1879. S. A. p. 7.

2) Comptes rendus des séances de l'Acad. d. sc. Paris. 1er Sept. 1879.

3) Archives Néerlandaises T. XV, 1880, mit drei Tafeln.

noch weitere Einzelheiten und zahlreiche schöne Figuren. Die Zellkerne der untersuchten Bastfasern aus den Familien der Euphorbiaceen, Asclepiadeen, Apocyneen und Urticaceen waren länglich, oft in fast gleichen Abständen, oft auch unregelmässiger vertheilt, manchmal einige dicht zusammengedrängt. Mit Hilfe von Farbstoffen gelang es oft noch, die Zellkerne in relativ stark verdickten Fasern nachzuweisen. Treub konnte in Uebereinstimmung mit de Bary feststellen, dass die Milchröhren der genannten Familien keine Zellfusionen sind und dass sich auch Meristemzellen nie in Milchröhren verwandeln. Die Zellkerne dieser Milchröhren haben meist fast dieselbe Gestalt wie in benachbarten Zellen. Für die Vertheilung der Zellkerne gilt hier dasselbe wie in den Bastfasern. In den älteren Theilen der Stämme, wo die Milchröhren mit Milchsaft erfüllt sind, kann man meist die Zellkerne nicht mehr sehen.

Treub meint, dass die Ursachen der Mehrkernigkeit gewisser Zellen sich noch nicht angeben lasse, dass aber dabei die bedeutende Grösse einer Zelle jedenfalls eine Rolle spiele. Doch gäbe es auch sehr grosse Zellen mit nur einem Zellkern.

Auch in den Milchröhren, wie in den Embryosäcken, theilen sich meist alle Kerne gleichzeitig, und auch so, dass sie für gewöhnlich verschiedene Stadien der Theilung darstellen und dass man, in einer bestimmten Richtung in der Zelle fortschreitend, die aufeinanderfolgenden Theilungsphasen finden kann.

Wie wir sehen, stimmt diese Angabe mit denjenigen überein, die ich hier von der freien Vermehrung der Kerne in den Embryosäcken gegeben habe, noch mehr mit den Vorgängen in den Endospermzellen von Corydalis oder Ephedra. Es können übrigens, wie wir so oft feststellen konnten, auch Zellplatten bei Kerntheilungen angedeutet werden, ohne zu einer Zelltheilung zu führen; solche Zellplatten werden dann eben wieder resorbirt.

Schmitz giebt an[1]), zwei oder mehr Zellkerne in älteren Parenchymzellen (z. B. bei Glyceria aquatica, Taraxacum officinale) beobachtet zu haben. Er glaubt auch nachträgliche Kerntheilungen ohne Zelltheilung hier annehmen zu müssen[2]). Einige ähnliche Angaben finden sich bei Treub[3]).

Als vielkernige Zellen sind auch von Hegelmaier[4]) die „Vor-

---

1) Szbr. der niederrh. Ges. 4. Aug. 1879. S. A. p. 29.
2) l. c. p. 28.
3) Arch. Néerl. T. XV. Sep.-Abdr. p. 6.
4) Dikotyledone Keime, 1878, p. 102.

keimträger" von Corydalis ochroleuca Koch. beschrieben worden. Die Eizelle dieser Pflanze gewinnt zunächst eine ovale Gestalt und scheidet gleichzeitig an ihrem Scheitel zwei kleine Tochterzellen ab. Jede dieser Zellen besitzt einen grossen Zellkern. In der scheitelständigen Zelle wiederholt sich die Quertheilung, so dass die Anlage nun aus vier Zellen besteht. Die drei unteren, von denen die basale von Anfang an bedeutend grösser ist, bezeichnet Hegelmaier aus Gründen die hier nicht weiter zu berühren sind, als Vorkeimträger. Alsbald sind an Stelle des grossen Kernes der Basalzelle, eine Anzahl derselben, regelmässig zu Paaren angeordnet, zu finden. Auch der Kern der nachfolgenden Zelle verdoppelt sich, ohne dass mit diesem Vorgang eine Zelltheilung verbunden wäre. Im fertigen Zustande hat sich der Vorkeimträger sehr gestreckt, er besteht meist noch aus drei schlauchförmigen, scheitelwärts an Grösse abnehmenden Zellen. Die Kerne in der Basalzelle und der folgenden Zelle rücken hierbei stark auseinander; die dritte Zelle behält ihren ursprünglichen, einen Kern der ungefähr in der Mitte ihrer Länge zu sehen ist [1]).

Vielkernig sind, wie wir gesehen haben vorübergehend: die jüngsten Endospermzellen von Corydalis, Pulmonaria, Staphylea; bleibend bis zur Desorganisation: die Zellen im Nucellus und Endosperm von Ephedra und in dem Endosperm verschiedener Coniferen. Elfving [2]) beobachtete öfters auch freie Theilung der Zellkerne im Pollenschlauch der Angiospermen. Ich selbst sah nicht selten den Kern der hinteren Gegenfüsslerin bei Senecio vulgaris sich ohne Zelltheilung verdoppeln. A. Fischer [3]) beobachtete freie Vermehrung der Kerne in den Gegenfüsslerinnen von Gramineen. Ueberhaupt sind somit vielkernige Zellen eine bei höheren Pflanzen durchaus nicht seltene Erscheinung.

Sehr folgereich ist die Entdeckung von Schmitz, dass die Zellen vieler Algen und Pilze, die man bisher für kernlos hielt, zahlreiche kleine Zellkerne führen [4]).

Bei Süsswasserarten von Cladophora habe ich schon vor

---

1) Vergl. die Abbildungen l. c. Taf. IV, Fig. 1—13.

2) Jenaische Zeitschr. Bd. XIII, 1879, p. 1.

3) Jenaische Zeitschr. Bd. XIV, 1880, p. 104.

4) Zuerst erwähnt für Siphonocladiaceen in den Szbr. der Naturf. Gesellsch. zu Halle, 30. Nov. 1878, Sep.-Abz. p. 5; dann im Szbr. der niederrh. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde 5. Mai 1879; weiter ausführlich in der Festschrift der Naturf. Gesellsch. zu Halle 1879; auf zahlreiche Pflanzen schliesslich ausgedehnt in den Szbr. der niederrh. Gesellsch. 4. Aug. 1879.

Jahren die zahlreichen Zellkerne innerhalb der Zellen gesehen, mich aber durch deren grosse Zahl bestimmen lassen, ihnen eine andere Deutung zu geben[1]).

In dem Wandbeleg von Cladophora fracta liegen die Chlorophyllkörper in Gestalt unregelmässig contourirter Platten. Ein geringerer Theil dieser Platten führt Amylumkerne. Die Platten liegen dicht an einander, nur durch meist schmale, farblose Zwischenräume getrennt. Von dem Wandbeleg entspringen auch zarte Platten farblosen Protoplasmas, die das Innere der Zelle durchsetzen und dasselbe zusammen mit andern in polygonale Kammern theilen. Auch in diesen innern Platten sind einzelne, oft zahlreiche Chlorophyllkörper vertheilt. In der innern Schicht des Wandbelegs liegen die zahlreichen Zellkerne die an Alkohol-Präparaten nach der Vorschrift von Schmitz sehr leicht mit Hämatoxylin nachzuweisen sind. Fast noch leichter und jedenfalls schneller gelingt der Nachweis, wenn die Fäden nicht in Alkohol, sondern in 1% Chromsäure eingelegt werden. Diese zerstört sofort den grünen Farbstoff, während man im Alkohol lange auf die Entfärbung warten muss; die Fäden lassen sich schon nach kurzer Zeit (selbst nach einer Stunde) herausnehmen, in destilirtem Wasser abwaschen und mit Hämatoxylin färben. In dem genannten Farbstoff dürfen sie unter Umständen nur wenige Minuten verweilen, weil sonst Ueberfärbung eintritt. Durch Alaunwasser, wie Schmitz es angiebt, auch durch sehr schwach mit Salzsäure angesäuertes Wasser, lässt sich der Ueberschuss der Farbe entfernen und es liefert diese Behandlung oft besonders schöne Präparate. Die schönsten Präparate habe ich übrigens erhalten durch Färben der entsäuerten Chromsäure-Präparate mit Beale'schem Carmin (Fig. 9, Taf. XIII).

Ebenso wie von Cladophora fracta ist im wesentlichen auch der Bau von Cladophora glomerata. Die Zellkerne sind gleich leicht nachzuweisen.

Von dem Bau der marinen Cladophoren war bereits die Rede.

Für das Studium der Kerntheilung erwiesen sich die Süsswasserformen als vortheilhafter. Ich hielt mich schliesslich an Cladophora glomerata. Lange Zeit suchte ich hier nach den Kerntheilungen vergebens, oder bekam dieselben doch nur vereinzelt zu Gesicht, ungeachtet ich die Fäden zu allen Stunden

---

1) Dieses Buch 1. Aufl. 1875, p. 86.

des Tages und der Nacht einlegte. Schliesslich fand ich eines Morgens Kerntheilungen in ziemlich grosser Anzahl.

Die ruhenden Kerne der Cladophora glomerata messen je nach den Zellen 0,0055 bis 0,0074 Mm. Sie sind, so weit nicht zuvor durch Theilung entstandene Paare vorliegen, in gleichen Abständen in den Zellen vertheilt. Ihre Zahl kann in besonders grossen Zellen das Hundert weit überschreiten. Sie hängen seitlich durch Protoplasmafäden zusammen. Die Kerne sind abgeflacht und liegen der Innenseite des Wandbelegs an, sie haben meist kreisrunde, aber auch elliptische Umrisse.

Meine Abbildungen Fig. 10 und 11, Taf. XIII, zeigen eine Anzahl Zellkerne in Ruhe, dazwischen auch Theilungsstadien.

Der ruhende Zellkern hat meist nur ein Kernkörperchen und etwas feinkörnigen Inhalts, ausserdem eine relativ derbe Kernwandung aufzuweisen. Soll er in Theilung eintreten, so wird sein Inhalt zunächst gleichmässig körnig (Fig. 12) und verrathen die Körner dann die Neigung in parallele Reihe sich anzuorden und zu verschmelzen (Fig. 13). Aus diesem Stadium geht die Kernspindel hervor Fig. 14, die eine deutliche longitudinale Streifung und alsbald beginnende Sonderung in die beiden Hälften verräth. Diese Spindel zeigt, abgesehen von ihrer geringen Grösse, eine unverkennbare Aehnlichkeit mit Kernspindeln von Oedogonium. Die kleine Kernspindel tingirt sich gleichmässig in ihrer ganzen Masse. Fig. 15 zeigt das beginnende Auseinanderweichen der Spindelhälften. In Fig. 16 ist das Theilungsstadium noch weiter fortgeschritten. Feine Fäden die sich grösstentheils tingiren, verbinden die Spindelhälften (Fig. 16, 10 links oben), oft in ganz auffälliger Weise (Fig. 10, rechts oben). Die Fäden nähern sich einander bald, wodurch die Figur bisquitförmig wird (Fig. 11, in der Mitte) und verschmelzen schliesslich zu einem einzigen Faden, der durch seine Dicke auffällt (Fig. 11, oben und Fig. 17). Die ganze tingirbare Substanz hat sich nun nach den beiden Kernanlagen gezogen, der mittlere Faden färbt sich nicht. Dessen Substanz entspricht somit jedenfalls der Substanz echter Verbindungsfäden. Die beiden Spindelhälften sind jetzt deutlich gegen einander gesondert, kammförmig an den einander zugekehrten Seiten eingeschnitten. Hierauf beginnen die jungen Kerne sich abzurunden. In Fig. 18 haben sie bereits eine Kernwandung und ein Kernkörperchen aufzuweisen. In Fig. 19 sind die jungen Kerne fertig ausgebildet, haben aber noch nicht ihre definitive Grösse erreicht. Sie stehen einander relativ nahe und ver-

glomerata und divaricata Taf. IV, Fig. 3—11. — Im Jahre 1855 giebt v. Mohl in der Bot. Zeitung Sp. 734 zu, dass, „sobald auch nur die kleinste Einfaltung des Primordialschlauches vorhanden ist, in derselben der Anfang einer aus Cellulose gebildeten, aus einer einspringenden Falte der innersten Schicht der Zellwand gebildeten Scheidewand liegt." — Dippel (Mikroskop p. 51) stellte sich 1869 für Cladophora glomerata fast vollständig auf den v. Mohl'schen Standpunkt der Verm. Schriften.

Der Vorgang beginnt nach meinen Untersuchungen mit einer ganz schwachen ringförmigen Ansammlung farblosen Protoplasmas und einem entsprechenden Zurückweichen der Clorophyllschicht. Sofort fängt auch die ringförmige Anlage der neuen Querwand an, die eben so scharf wie bei Spirogyra an die Mutterzellwand ansetzt. Auch hier wandern an der Hautschicht des Wandprotoplasmas entlang, kleine Körner nach der Bildungsstätte der Querwand hin; auch hier sammeln sie sich an der innern Kante derselben an; doch geschieht beides in viel spärlicherer, daher auch weniger auffälliger Weise als bei Spirogyra. Dafür ist hier viel mehr farblose Flüssigkeit: wie ich meine Zellsaft[1]), um die junge Scheidewand angesammelt, daher der so auffallend starke helle Ring um die eingeschnürte Chlorophyllschicht. Die Hautschicht selbst liegt der Mutterzellwand und der jungen Querwand überall fest an. Es scheint freilich oft, als wenn das nicht der Fall wäre, indem man nämlich deutlich in der farblosen, peripherischen Masse eine eingebuchtete Linie erblickt, welche die Mutterzellwand zu beiden Seiten verlassend, nach der innern Kante der Querwand läuft (Taf. XIII, Fig. 20). Anwendung von Zuckerlösung zeigt aber sofort, dass diese Linie nicht den Rand der Hautschicht repräsentirt, denn letztere tritt ganz wie zuvor auch aus dem Winkel zurück, den Mutterzellwand und Querwand mit einander bilden. Die eingebuchtete Linie entspricht nur schmalen Protoplasmafäden oder Protoplasmabändern, welche die farblose Flüssigkeit durchsetzen und, mit Umgehung des Winkels, die Seitenwand mit der Innenkante der Querwand verbinden. Auf diesem kürzesten Wege schreiten jetzt die Ströme fort und führen kleine Körner der Innenkante zu, während man solche Körner an der Hautschicht im Winkel nur noch ganz vereinzelt wandern sieht.

1) Pringsheim bezeichnet sie als farblose Masse von schleimiger Consistenz (die Hautschicht), l. c. Figurenerklärung. Naegeli als verdünntes Protoplasma l. c. p. 46.

Bei Anwendung wasserentziehender Mittel überzeugt man sich auch leicht von der geringen Dichtigkeit der die Querwand umgebenden Substanz. Sie setzt dem Rückzuge der Hautschicht auf die Chlorophyllschicht keinen Widerstand entgegen und ist die Schicht farblosen Protoplasmas über der Chlorophyllschicht nach vollzogener Contraction über jener Stelle kaum merklich stärker als an anderen Orten [1]).

Der chlorophyllhaltige Zellinhalt wird immer tiefer eingeschnürt (Taf. XIII, Fig. 21). Das Verbindungsstück der beiden Schwesterzellen wird immer enger; es erscheint grün, wenn einzelne peripherische oder innere Chlorophyllkörper in dem Zwischenstück sich vorfinden, oder farblos, wenn sie alle aus demselben ausgewandert sind. Da das ganze Zellinnere hier von Protoplasmaplatten durchsetzt ist und der protoplasmatische Zellkörper somit ein zusammenhängendes Ganze bildet, so kann die wandständige Chlorophyllschicht auch nicht in der Weise für sich durchschnitten werden wie bei Spirogyra, vielmehr geht eine zusammenhängende Einschnürung des ganzen Körpers der Zelle vor sich (Taf. XIII, Fig. 21). Nach vollendeter Trennung des körnigen Inhaltes beider Zellen, und nach vollendeter Bildung der Scheidewand, sieht man hier den grüngefärbten Inhalt der beiden Zellen noch eine Zeit lang von der Querwand fernbleiben und diese daher auch nach ihrer Vollendung zunächst noch beiderseits von der farblosen, dünnflüssigen Substanz umgeben. Allmälig wird diese Substanz dann in das Zelllumen aufgenommen und die Chlorophyllschicht der Querwand genähert.

Zu der Zeit etwa, wo die Querwand auf zwei Drittel ihres Weges vorgedrungen ist, sieht man statt der früheren, scheinbar nur eine einzige Einbuchtung bildenden Ströme, solche in grosser Zahl unregelmässig anastomosirend die farblose Substanz durchsetzen und in ihnen nun die einzelnen Körnchen wandern (Taf. XIII, Fig. 21).

---

1) Soll gleichzeitig die junge Querwand unversehrt stehen bleiben, so dürfen nur indifferente wasserentziehende Mittel angewandt werden. Schon Pringsheim zeigte, dass stärkere Säuren, Chlorzinklösung etc., die junge Scheidewand hier lösen, l. c. p. 23. Hofmeister fasst dieses folgendermassen zusammen: „Essigsäure, Lösung von Jodmetallen, von Chlorcalcium, selbst von säurehaltigem Glycerin machen die Ringleiste aufquellen und entziehen sie der Beobachtung: sehr leicht bei Cladophora fracta, etwas schwieriger bei Cl. glomerata; noch widerstandsfähiger ist ihre Substanz bei den Spirogyren." Pflanzenzelle p. 111.

Die junge Querwand taucht auch hier, während ihrer Bildung, mit der innern Kante in einen Ring von Protoplasma, der aber viel schwächer wie bei Spirogyra entwickelt ist und nur spärliche Körnchen führt. Dass der zusammenhängende Chlorophyllkörper der Zelle bei Cladophora auch nur mechanisch eingedrückt wird, darauf hat schon Naegeli [1]) hingewiesen. Wie leicht dieser sich hier von der Hautschicht trennt, zeigt aber auch die in sich nicht eben theilenden Zellen häufige Erscheinung, dass die grüne Schicht auf grössere oder geringere Strecken hin von der Hautschicht zurücktritt und der Raum zwischen beiden sich ebenfalls mit dünnflüssiger Substanz füllt.

Die werdende Querwand ist bei Cladophora fast eben so dünn, wie bei Spirogyra, auch ist sie eben so einfach und lässt sich durch keinerlei künstliche Mittel in zwei Blätter zerlegen [2]). Die Verdickung der Querwand am Insertionsrande beginnt ziemlich frühzeitig, oft noch vor vollendeter Theilung (Taf. XIII, Fig. 21).

Die unvollendeten Theilungen, die in Gestalt von Falten bei Cladophoren nicht selten vorkommen, hatten Pringsheim zur Aufstellung der Theorie von der Faltung der innersten Membranschicht als Theilungsmotors veranlasst. Andererseits erklärte bereits 1847 Mitchserlich [3]) die Scheidewand für eine Neubildung, nicht aber Einschnürung. Zuweilen geschähe es, meinte er, dass sich die Zellwand nur zur Hälfte oder nur auf einer Seite entwickelt, dann fänden spätere Ablagerungen auf diese Bildung statt und, wenn man nicht die Entwicklung der Membran fortdauernd unter dem Mikroskop verfolgt habe, könne man diese Bildung für beginnende Ein- und Abschnürungen halten.

Aus obiger Schilderung geht hervor, dass sich der Zellkörper von Cladophora in wesentlich derselben Weise wie bei Spirogyra theilt. Die Verschiedenheit trifft also nur die Zellkerne. Bei Spirogyra, wo nur ein Zellkern in der Zelle vorhanden, muss sich derselbe mit der Zelle theilen, damit keine der beiden Schwesterzellen ohne Zellkern bleibe, hier hingegen, wo die zahlreichen Zellkerne im ganzen Zellkörper vertheilt sind, behält jede Zelle so wie so eine Anzahl Zellkerne. Beide Vorgänge brauchen sich

---

1) l. c. p. 46.

2) Dass sich die junge Querwand hier nicht künstlich in zwei Blätter zerlegen lässt, hebt auch Pringsheim hervor l. c. p. 26.

3) Bericht der Berl. Akad. 1847, p. 434.

also nicht mehr gleichzeitig abzuspielen und bewahren nun ihre volle Unabhängigkeit gegen einander.

Wie Cladophora fracta theilt sich auch Cladophora glomerata und alle die von mir untersuchten marinen Cladophoren. Bei letzteren theilen sich meist nur die Endzellen, hin und wieder auch einzelne Gliederzellen. Mit 1 % Chromsäure kann man die Theilungsstadien sehr schön fixiren.

Wie Schmitz nachgewiesen, und wie schon früher berührt wurde, führt auch Vaucheria zahlreiche, sehr kleine, kugelige Zellkerne innerhalb der Chlorophyllschicht [1]). Soll ein Sporangium bei Vaucheria sessilis angelegt werden, so schwellen, während protoplasmatischer Inhalt in dieselben einwandert, die Enden der langen Hauptäste, doch auch kürzerer Seitenäste, etwas an. Das die Chlorophyllkörner führende Plasma bleibt wie im Schlauche an der Wand, sammelt sich hier aber zu einer starken Schicht an, deren Dicke nach dem Scheitel der Keule zu steigt. Am Grunde keilt sich diese Schicht aus und geht unmerklich in diejenige des Schlauches über. Diese Chlorophyllansammlung bedingt die dunklere Färbung der Keule im Verhältniss zum Schlauche. Der Scheitel der Keule pflegt über der sich unter ihm wölbenden Chlorophyllmasse etwas heller zu bleiben. In dem Grade als die Chlorophyllmassen zunehmen, verengt sich das Lumen der Keule. In mittlerer Höhe der Ansammlung wird es alsbald eingeengt (Taf. XIII, Fig. 27), später durchbrochen, so dass es in ein oberes, sphärisches oder ovales und ein unteres, sich zunächst verengendes, dann nach dem Grunde zu wieder erweiterndes Stück zerlegt wird. Nun erfolgt für alle Fälle alsbald die Theilung. Die Trennung wird am Grunde des unteren Lumens, in dem angesammelten Protoplasma vollzogen, noch oberhalb der Stelle, wo dasselbe sich in dem Wandbeleg des Schlauches vollständig auskeilt. Wie bekannt, weicht nach erfolgter Trennung der Wandbeleg des Schlauches von demjenigen des Sporangiums rasch zurück (Fig. 28), zwischen beiden entsteht ein cylindrischer, von farbloser Flüssigkeit erfüllter Raum. Die Trennung im Wandbeleg erfolgt übrigens nicht scharf und völlig gleichzeitig, vielmehr verbleiben Verbindungsbrücken, die schliesslich in die beiden plasmatischen Körper eingezogen werden. Hat der Wandbeleg des Schlauches die extreme Trennung von der Sporangium-Anlage erreicht, so sind als-

---

1) l. c. p. 3. Auch Maupas, Comptes rendus de l'Acad. des sciences 1879, Bd. LXXXIX, p. 252, schildert die Vaucheria als vielkernig.

bald alle noch etwa zurückgebliebenen Plasmatheile eingezogen und die Ränder der Trennungsstellen scharf und gerade gezeichnet. Die Anwendung chemischer Reagentien lässt in der farblosen, trennenden Flüssigkeit nur Zellsaft erkennen.

Nur kurze Zeit verharrt übrigens der Wandbeleg des Schlauches in seiner extremen Lage, er beginnt sich wieder der Sporangium-Anlage zu nähern. Es mag eine Viertelstunde, oder auch mehr, seit Beginn des Vorgangs verflossen sein, und beide Plasmamassen sind einander wieder, fast bis zur Berührung, genähert. Kurz vor vollendeter Berührung, oft aber erst im Augenblick derselben, sieht man nun die freien Ränder der beiden Plasmamassen sich nach innen umschlagen, so weit, bis sie auf einander treffen und mit einander verschmelzen (Fig. 29, 31). Es ist ein Fliessen der Ränder gegen einander, das direct sich beobachten lässt und momentan vollendet ist. Ich kann den Vorgang nur mit der Erscheinung vergleichen, die sich an rasch und scharf durchschnittenen Vaucheria-Fäden verfolgen lässt[1]), auch da fliessen die freien Ränder des durchschnittenen Wandbelegs, nach innen umbiegend, gegen einander, bis sie sich treffen. Dieser Vorgang wird bei der geschilderten Theilung an den beiden Plasmamassen gleichzeitig vollzogen und dieselben sondern so auch ihr Lumen gegen einander ab. Es macht den Eindruck, als wenn die Ränder der von einander getrennten Plasmamasse sich, indem sie auf einander treffen, auszuweichen suchten.

Bei Fäden, die in geringen Wassermengen und vielleicht noch unter Deckglas beobachtet werden, kommt es auch freilich sehr oft vor, dass die beiden Plasmakörper in dem Augenblick, wo sie auf einander treffen, auch wieder verschmelzen. Die betreffende Anlage sieht nun nicht anders aus, als vor jeder Trennung. Es vergeht nun wohl eine halbe Stunde, auch weniger oder mehr, dann beginnen die Plasmamassen sich wieder gegen einander zu sondern und das ganze Spiel wird wiederholt. Misslingt der zweite Versuch, so kann auch noch ein dritter oder vierter gewagt werden, wonach endlich bleibende Ruhe eintritt.

Unter normaler Bedingung führt jedenfalls schon das erste Auseinanderweichen des Inhalts zur bleibenden Theilung.

Die Stelle, an der die Trennung im Wandbeleg erfolgt, ist

1) Hanstein, Stzb. der niederrh. Ges. für Nat.- u. Heilkunde 4. Nov. 1872 und meine Studien über das Protoplasma. Jenaische Zeitschrift Bd. X. 1876, p. 416.

vorher nicht zu erkennen, erst das beginnende Auseinanderweichen bezeichnet dieselbe. Sind die beiden Plasmamassen von einander getrennt, so ist es leicht festzustellen, dass sich die Trennung nicht etwa auf die Chlorophyllmassen allein, sondern auch auf die Hautschicht der Zelle erstreckt. Beide Plasmakörper sind vollständig von einander gesondert.

Nachdem die Ränder der beiden Plasmakörper sich wieder begegnet und die Lumina beider Zellen gegen einander abgeschlossen wurden, entsteht zwischen beiden Plasmakörpern eine Cellulose-Membran. Sie wird simultan durch den ganzen Querschnitt, und relativ rasch, als schwarze, scharfe Linie, sichtbar (Fig. 32). Mit ihren Rändern setzt sie an die Mutterzellwand an. Was als Material zu deren Bildung dient, weiss ich nicht anzugeben. Körnchen treten zwischen den beiden Zellen nicht auf, möglich dass hier die nöthige Substanz in gelöster Form den Verbrauchsorten zugeführt wird.

Von dem geschilderten Vorgang gab Thuret[1]) bereits im Jahre 1843 eine im Wesentlichen richtige Darstellung, begleitet von schönen Figuren. Er schreibt: „Zur Zeit der Sporenbildung schwellen die Fadenenden keulenförmig auf und sammelt sich die grüne Substanz in denselben so bedeutend an, dass sie schwärzlich erscheinen. Dann sieht man gegen die Basis der Anschwellung hin die Körner sich von einander entfernen, einen leeren Raum zurücklassend, als wenn die farblose Schleimmasse sich nunmehr auch verdichten und die Körnchen nach oben und unten wegstossen möchte. Dieses Auseinanderrücken dauert fort, bis das Endochrom zu jeder Seite eine scharfe Linie bildet. Dann nähern sich die Körnchen einander und erreichen sich wieder. Doch hat dann eine grosse Aenderung stattgefunden, denn der merkwürdige Vorgang, den wir eben beschrieben haben, bedeutet die Trennung der Mutterpflanze und des Vermehrungskörpers: von nun an besitzt die von eigener Membran (épispore) umkleidete Spore eine selbständige Organisation. Ungeachtet dieser Vorgang nur wenige Minuten dauert, ist derselbe leicht zu beobachten, denn die Bewegung des Körnchens ist fast unmerklich. Ausserdem wird die Trennung oft nicht vom ersten Male vollzogen: ich habe sie bis zu drei Mal sich an demselben Faden wiederholen sehen[2])."

Aus den Abbildungen von Karsten[3]) ist zu ersehen, dass

1) Ann. d. sc. nat. 2ème série Bot. Bd. XIX, Taf. 11.
2) l. c. p. 270.
3) Bot. Zeitung 1852, Taf. II, Text Sp. 95.

auch er im Jahre 1852 an Vaucheria sessilis das Auftreten und Schwinden der farblosen Querwand unter dem Sporangium gesehen hat; er deutet sie als farblose, dicht von der unteren „zusammengedrängte" Zelle, und bemerkt auch, der Vorgang könne sich in demselben Faden wiederholen.

Im Jahre 1854 hat Cohn[1] die gleiche Vaucheria sessilis wieder untersucht; er meint, um das Verhalten der farblosen Querwand unter der Sporangium-Anlage zu erklären, „die Spore wölbe sich an einer Stelle halbkugelig nach unten und steige, sich ausdehnend, in die Tiefe der Mutterzelle hinab, bis sie den Primordialschlauch derselben wieder berührt; dann hebe sich dieser in die Höhe und presse die Membran der Spore zur flachen Ebene zurück, dann senke er sich wieder, und so zeige sich mehrere Minuten ein lebhaftes Auf- und Niedersteigen, Nähern und Entfernen von Spore und Mutterzelle, bis endlich beide sich wieder ganz berühren und diese erst bei der Entleerung der ersteren sich zur Halbkugel emporwölbe"[2].

Leppel lässt endlich 1856[3], immer bei der gleichen Vaucheria sessilis, die Scheidewand zwischen Schlauch und Sporangium durch Einfaltung des Primordialschlauches ganz ähnlich der vegetativen Zelltheilung bei mehrzelligen Algen sich bilden. Die Bewegung des Schlauchinhaltes unterhalb der Sporangiumanlage wird von ihm nicht erwähnt.

Wie das oberhalb der Scheidewand gelegene Lumen sich aufwärts bewegt und wie aus dem gesammten Inhalte des Sporangium sich ein einziger Schwärmer bildet, ist schon beschrieben worden.

Dass aber die zahlreichen sehr kleinen Zellkerne des Wandbelegs hier ohne Einfluss auf den Vorgang der Zelltheilung sind, leuchtet fast von selbst ein.

Die Scheidewände, durch welche bei Vaucheria sessilis die Geschlechtsorgane abgetrennt werden, entstehen in ähnlicher Weise wie diejenigen unter den Sporangien. Was meines Wissens bisher unerwähnt blieb, an den Oogonien aber trotzdem sehr schön zu beobachten ist: es tritt vor Anlage der Scheidewand der Schlauchinhalt ein bis zwei Mal von der Oogonium-Anlage zurück, einen hellen Raum unter ihr bildend. Der helle Raum führt auch hier nur farblose Flüssigkeit. Die langsame Bewegung des Inhalts

1) Entwickelung der mikrosk. Algen und Pilze. Nov. Act. A. L. C. N. C. Vol. XVI. 1854.

2) L. c. p. 225.

3) Flora p. 501.

von der Anlage hinweg und nach derselben zurück, nimmt bei zweimaliger Wiederholung etwa eine Stunde in Anspruch.

Ganz neuerdings stellte auch Berthold [1]) das Vorhandensein zahlreicher Zellkerne in den Zellen von Siphoneen, namentlich von Codium, Derbesia und Bryopsis fest.

Besonders Codium ist nach Berthold ein sehr günstiges Object, an dem man die Zellkerne auch im Leben sehen kann. Hier hatte sie denn auch schon Arcangeli bemerkt, ohne ihre wahre Natur zu erkennen [2]).

An den Seitenwandungen der peripherischen Blasen ist der Plasmabeleg sehr dünn, so dass die Zellkerne durchscheinen. Sie sind stark abgeplattet, von der Fläche unregelmässig eiförmig, auch elliptisch, zuweilen ist das eine Ende mehr oder weniger zugespitzt. Im Innern erkennt man gewöhnlich ein, nicht selten zwei oder drei Kernkörperchen von meist ungleicher Grösse. Im übrigen erscheint der Inhalt im Leben vollkommen homogen. Durch verschiedene Reagentien erhält Berthold eine Granulirung, die ihm eine netzförmige Structur anzudeuten scheint; doch konnte er nicht volle Gewissheit hierüber erlangen. Berthold operirte hierbei mit concentrirter wässriger Pikrinsäure, auch 0,1 — 0,5 % Chromsäure und Alkohol. Am besten bewährte sich die Pikrinsäure, der Alkohol war in Folge der eintretenden Contractionen wenig zu brauchen.

Die Grösse der Kerne fand Berthold nach dem Alter sehr verschieden, unmittelbar vor der Theilung waren sie ca. 0,015 Mm. lang und 0,006 Mm. breit, nach der Theilung etwa halb so gross. Eine scharf differenzirte Membran konnte Berthold weder an lebenden, noch an den mit Reagentien behandelten Kernen nachweisen; das innere Gerüst erstreckte sich gleichmässig bis zur Peripherie, ohne hier eine zusammenhängende Aussenschicht zu bilden.

Die frühesten Theilungsstadien, die Berthold beobachtete, hatten kurze Spindelform. Von da an bis zur Vollendung der Theilung wurden drei bis vier Stunden gebraucht. Der sich theilende Kern blieb fortwährend scharf gegen die Umgebung abgegrenzt. Die äusseren Formwandlungen sind dabei fast identisch mit den von Bütschli für den „Nucleolus" des Infusors Paramaecium putrinum abgebildeten [3]).

---

1) Mittheilungen aus der zoolog. Station zu Neapel, Bd. II, Heft I, 1880.

2) Nuovo giorn. bot. ital. Bd. VI, p. 174, 1874.

3) Abh. der Senckenberg. Ges. Bd. X, Taf. VIII, Fig. 3, 4, 5, 1876.

Die Spindelform erhält sich oft anderthalb Stunden, nur ihre Spitzen verändern sich inzwischen ein wenig, indem sie sich bald ausziehen, bald mehr abstumpfen. Zuletzt flacht sich die Spindel etwas ab; die Länge nimmt zu; die Pole schwellen allmälig an, während die Mitte sich schwach einschnürt. Rasch entsteht dann die Bisquitform; hierauf die Hantelform, mit langem Mittelstücke.

Wir sehen, diese Schilderung stimmt fast vollkommen mit der meinigen für Cladophora überein. Weiter beschreibt dann Berthold, und dies war mir von besonderer Wichtigkeit, dass das lange Mittelstück bald in der Mitte anschwillt, während es an seinen beiden Enden sich zu einem dünnen Faden auszieht. Schliesslich soll die Verbindung in der Nähe des einen und auch des andern Kerns reissen und der Faden ausgestossen werden. Lange sieht man ihn noch scharf von dem übrigen Plasma abgesetzt in der Nähe der beiden Theilkerne passiv umhergeführt werden, bis er schliesslich verschwindet, meist sich der Beobachtung zwischen den Chlorophyllkörpern entziehend.

Dieses Mittelstück verhält sich somit wie echte Verbindungsfäden und bestärkt mich in der Annahme, dass auch bei Cladophora das Mittelstück nicht in die Kernanlagen eingezogen werde. Auch giebt Berthold an, dass die ganze Substanz der Kerne in die angeschwollenen Enden der Spindel bei der Theilung wandert, und dass „im mittleren Theile bei schwacher Tinction nur einzelne Reste und die Aussenschicht sich färben".

Nur einige Male konnte Berthold in den lebenden Spindelstadien eine schwache Streifung erkennen. Nach der Abtödtung, vornehmlich mit Pikrinsäure, zeigten sich dagegen die Streifen sehr schön. Wenige dicke Fäden durchzogen die Masse, zwischen ihnen waren der eine oder die mehreren Nucleoli meist erhalten. Das Auftreten einer deutlichen Kernplatte liess sich nicht sicher constatiren, doch zeigten einige Färbungspräparate eine Ansammlung der Hauptmasse der tingirbaren Substanz im Aequator der Spindel. Sobald die Spindel sich zu strecken beginnt und an den Polen anschwillt, verdicken sich die Fäden hierselbst, ohne jedoch zu einem stark lichtbrechenden Körper zu verschmelzen. In der Mitte ziehen sie sich dagegen immer feiner aus, schliesslich wandert ihre ganze Substanz, wie schon erwähnt wurde, in die angeschwollenen Enden. Der Uebergang nach den Polen zu ist jedoch zuerst ein ganz allmäliger.

Einige Kerntheilungsstadien von Codium Bursa zeigten, bei langgestreckter Bisquitform, genau in Mitte des Verbindungsstranges

einen schönen Ring von Körnchen, den Berthold als Zellplatte auffassen möchte. Ist diese Deutung richtig, so würde sie weiter auch die Deutung des Mittelstücks als echter Verbindungsfäden bestärken. — Bei Codium tomentosum konnte es hingegen Berthold nicht gelingen, auch nur die spurweise Andeutung einer Zellplatte zu finden.

Ich stimme mit der Ansicht Berthold's überein, dass die Kerntheilung bei Codium, in den wesentlichsten Punkten, Uebereinstimmung mit der Kerntheilung einkerniger Zellen zeigt.

Berthold fand öfters in den Spindelstadien, und auch noch später, einen oder zwei deutliche Nucleolen. Zuweilen konnte er dieselben nicht nachweisen und glaubte daher, dass in dieser Beziehung eine gewisse Verschiedenheit herrsche. Ich bin nun freilich geneigt, anzunehmen, dass auch hier, wie in allen andern bisher betrachteten Fällen die Kernkörperchen in die Bildung der Kernfigur schliesslich eingehen.

Berthold hebt zum Schluss hervor, dass die Kerne bei Codium, Bryopsis, Derbesia, keine feste Stellung zu einander einnehmen, sich also in dieser Beziehung anders verhalten als, nach Schmitz, die Kerne der Siphonocladiaceen. Sie werden vielmehr gewöhnlich vom Plasma langsam umhergeführt und finden sich oft zu zwei oder drei zufällig zusammen.

Das Plasma verhält sich, nach Berthold, indifferent bei der Theilung der Kerne und sind andererseits die Kerne unbetheiligt an der Bildung der „pfropfartigen" Scheidewände.

Der erste, der Kerntheilungen in vielkernigen Zellen beobachtet hatte, war Schmitz [1]) und zwar bei Valonia utricularis. Ich habe meine eigene Schilderung und diejenige Berthold's, der Kerntheilungen von Cladophora und Codium, den Schmitz'schen Angaben vorausgeschickt, weil sie geeignet sind, dieselben zu ergänzen.

Schmitz hat nämlich an seinem Objecte eine sichtbare, faserige Differenzirung der Substanz des sich theilenden Kerns nicht nachweisen können, lässt es aber dahingestellt, ob bei fortgesetzter Beobachtung mit stärkeren optischen Mitteln eine solche faserige Differenzirung sich doch nicht würde nachweisen lassen.

Ich glaube, dass in der That eine solche Differenzirung auch für Valonia nun anzunehmen ist und dass sich die Kerntheilung dort nicht wesentlich anders als bei Cladophora und Codium ver-

1) Festschrift der Naturf. Ges. zu Halle, 1879. Sep.-Abdr. p. 27.

halten dürfte. Es geht dies eigentlich auch schon aus der Schmitz'schen Beschreibung hervor, aus der nur weiter zu folgen scheint, dass in der Kernspindel von Valonia die Streifung besonders schwer, wenn überhaupt sichtbar zu machen ist. Auch hat Schmitz nur mit Alkohol-Material gearbeitet, in welchem die so schon kleinen Kerne sich noch zusammenziehen.

Die Angaben von Schmitz enthalten aber noch weitere Einzelheiten, die hier berührt werden müssen.

In dem obern wachsenden Ende der Valonia-Zelle findet Schmitz Zellkerne mit „vollständig gerundetem" Umriss. Bei Beginn der Theilung dehnt sich der Zellkern aus und nimmt ellipsoidische Gestalt an. Seine Masse wird deutlich schwächer lichtbrechend und weniger intensiv durch Färbungsmittel tingirt. Der Zellkern bleibt aber scharf gegen das umgebende Plasma abgegrenzt. Bisweilen dehnt sich der Zellkern nur bis zur Grösse einer Ellipse von etwa der doppelten Länge aus. In andern Fällen nimmt er mehr spindelförmige Gestalt an, oder er streckt sich zu einem kurzen Cylinder mit abgerundeten Endflächen. Ja, vielfach dehnt er sich zu einem geraden oder schwach gekrümmten langcylindrischen Körper aus, dessen Länge etwa das Achtfache der Dicke beträgt.

Am deutlichsten liess sich der Theilungsvorgang an den langcylindrischen Gestalten verfolgen. Hier schwellen allmälig die Endstücke des Cylinders zu kugeliger Gestalt an, werden immer lichtbrechender und dunkler tingirbar, während das Verbindungsstück allmälig dünner wird und immer weniger Farbstoff aufspeichert. Bald sind die jungen Tochterkerne nur noch durch einen dünnen Strang verbunden, der durch Färbungsmittel sehr schwach tingirt wird. Schliesslich reisst, nach Schmitz, dieser Strang in der Mitte, seine Hälften werden von den Tochterkernen eingezogen und diese liegen nun völlig gerundet nahe an einander. Ihre Grösse ist dabei deutlich geringer als die Grösse der ruhenden älteren Zellkerne. Bei Mutterkernen, die nur etwa die doppelte Länge erreichten und ellipsoidisch sind, zeigt sich der Beginn der Theilung durch Annahme der Bisquitform an. Dann schwellen die Endabschnitte des Ellipsoids an, während das Verbindungsstück dünner und heller wird.

Auf das von Schmitz geschilderte Verhalten der älteren Valonia-Kerne komme ich später zurück.

Die Saprolegnien, ja die Phycomyceten überhaupt zeigen ebenfalls sehr leicht die zahlreichen Zellkerne in ihrem protoplasma-

tischen Körper[1]). Um dieselben sichtbar zu machen, legt man am besten, nach dem Vorbild von Schmitz, die Pflanzen zunächst auf längere Zeit in absoluten Alkohol, und dann in Carmin oder Haematoxylin. Mit Beal'schem Carmin und Borax-Carmin erhielt ich auch sehr gute Präparate. Bei Haematoxylin-Behandlung muss man sich vor Ueberfärbung der Präparate hier ganz besonders hüten. Das Beste ist, man operirt im letzten Falle mit einer grösseren Menge von Material und nimmt aus demselben von Zeit zu Zeit Proben, bis dass die Färbung den erwünschten Grad erreichte. Hat eine Ueberfärbung stattgefunden, so entferne ich wiederum, wie Schmitz, den Ueberschuss des Farbstoffes durch Alaun-Wasser, oder durch sehr schwach mit Salzsäure versetztes Wasser. Mit 1 % Osmiumsäure und 1 % Chromsäure behandelte Saprolegnien wollten sich nicht gut färben. Im Uebrigen ist bei diesem und andern Objecten jedesmal erst durch Versuche die günstigste Methode des Verfahrens festzustellen, wobei nicht ausgeschlossen bleibt, dass auch eine schon bewährte Methode gelegentlich, ohne nachweisbaren Grund, fehlschlägt. Mit negativen Resultaten darf man, nach alledem, sich nicht gleich begnügen.

Die Schläuche von S a p r o l e g n i a f e r a x führen einen dünnen Wandbeleg aus Protoplasma, der nur in dem fortwachsenden Schlauchende an Mächtigkeit gewinnt. Die Zellkerne liegen in diesem Wandbeleg. In den ausgewachsenen Schlauchtheilen springen sie an diesen nach innen vor und erscheinen durch besondere Plasmastränge, die parallel, oder auch schräg zur Längsaxe des Schlauches laufen, mit einander verbunden (Taf. XIII, Fig. 1). In den fortwachsenden Schlauchenden sind die Kerne ganz in den Wandbeleg eingesenkt (Fig. 2). Die Zellkerne selbst sind ellipsoidisch, in der Längsrichtung des Schlauches gestreckt. In völlig ausgewachsenen, starken Schläuchen sind sie am grössten und man kann die Existenz je eines Kernkörperchens in jedem Zellkern feststellen. Uebrigens erreichen die Zellkerne hier nur eine Länge von c. 0,003 Mm. und eine Breite von c. 0,0015 Mm. Der Abstand der Zellkerne in longitudinaler Richtung beträgt gleichzeitig bis 0,025 Mm. In den fortwachsenden Schlauchenden sind die Zellkerne einander bedeutend genähert. Hier vermehren sie sich durch Zweitheilung und man findet sie nicht selten in Paaren dicht zusammenhängend, oder auch mehr oder weniger schon aus einander gerückt (Fig. 3). Eine feinere Differenzirung innerhalb

---

1) Schmitz l. c. p. 14.

der sich theilenden Zellkerne ist nicht festzustellen. Nur so viel ist an diesen äusserst kleinen Gebilden zu sehen, dass sie sich zunächst verlängern, dann an den Polen verdichtet erscheinen, dann auseinanderweichen, den mittleren Theil fadenförmig streckend.

Soll ein Sporangium oder ein Oogonium entstehen, so schwillt das Schlauchende keulenförmig oder kugelig an, füllt sich reichlich mit Protoplasma und schliesst durch eine Querwand gegen den übrigen Schlauchinhalt ab. Entsteht die Querwand an einer von Protoplasma erfüllten Stelle, so wird sie simultan oder annähernd simultan angelegt. Sie tritt in Gestalt einer mehr oder weniger dicken, zusammenhängenden Zellplatte in die Erscheinung. Diese Zellplatte wird von stark lichtbrechender, gelblicher Substanz gebildet, anscheinend derselben Substanz, die in kleinen Kügelchen im Protoplasma des Fadens vertheilt ist. Aus dieser Zellplatte geht die alsbald scharf sich zeichnende Membran hervor. Die Umwandlung ist mit Volumabnahme verbunden; doch wird meist nicht die ganze Masse der Zellplatte zur Bildung der Zellwand verbraucht. Die Erscheinungen sind die nämlichen, ob nun die ganze Anlage dicht mit Plasma erfüllt ist oder auch Vacuolen führt, wenn nur die Scheidewand dann innerhalb einer Plasmabrücke entsteht. Anders wenn die zu bildende Zellplatte das Zelllumen zu durchsetzen hat. Dann schreitet ihre Bildung von aussen nach innen fort. Sie tritt ringförmig in dem Wandbeleg auf und wird nun rasch ergänzt innerhalb einer sich bildenden Plasmabrücke.

Die Querwand wird später von dem Sporangium-Inhalte vorgewölbt. Ist letzteres in irgendwie auffallendem Maasse geschehen, so zieht sich auch wohl der angrenzende Inhalt der Schlauchzelle aus dem verengten Winkel im Umkreis zurück und rundet sich seinerseits gegen die vorgewölbte Wand ab. Dieses mag die Annahmen zweier Membranen an dieser Stelle veranlasst haben. Gleich nach Bildung der Querwand wandert der an ihr noch angesammelte Schlauchinhalt von ihr ab und vertheilt sich gleichmässig im Schlauche, der Inhalt des Sporangiums grenzt nun an den fast leeren Schlauchtheil.

Die ersten Beobachtungen über den hier geschilderten Vorgang verdanken wir Unger [1]) und Naegeli [2]), dann höchst ein-

1) Linnaea 1843, p. 135.

2) Zeitschr. f. wiss. Bot. I, Heft 1, p. 102, 1844 u. Heft 3—4, p. 28, 1846.

gehende Angaben Pringsheim [1]), de Bary [2]) u. A. m. Unger meinte, dass beim Abschliessen des Zweigendes zum Sporangium nur eine einfache Scheidewand gebildet werde, Naegeli hingegen wollte diesen Vorgang als die Bildung einer die Endspitze des Schlauches völlig ausfüllenden Zelle gedeutet sehen. Pringsheim neigte letzterer Auffassung zu [3]), mit der Ergänzung, dass die Scheidewand eine doppelte sei, die obere gehöre dem ganzen Sporangium an, die untere dagegen sei nur eine Querwand, die nach der Bildung der Sporangienzelle entstanden, den unten liegenden Schlauchtheil von Neuem an seiner Spitze abschliesse. In seinen Untersuchungen über die Pflanzenzelle (p. 64 Anm. 2) fügt dann Pringsheim hinzu, dass die Wand, welche sich unterhalb der Querwand des Sporangium bildet und so den übrigen Theil des Schlauches wieder abschliesst, wahrscheinlich dadurch entsteht, dass sich eine Hautschicht unterhalb der Querwand des Sporangium ansammelt, die dann zur Membran erhärtet und sich genau an die Seitenwände des Schlauches anschliesst. De Bary meint, der Inhalt theile sich zuerst, dann werde die Scheidewand in ihrer ganzen Ausdehnung auf einmal gebildet, sie entstehe durch das Zusammenstossen der von dem Primordialschlauch abgesonderten Wandungen der beiden in der Mutterzelle entstehenden Tochterzellen. Bei Achlya prolifera kommen, nach de Bary, die beiden Tochterzellmembranen nie getrennt vor, bei Saprolegnia ferax dagegen nicht selten.

So verschieden konnten also die Auffassungen und Deutungen sein, die selbst ein scheinbar so einfacher Vorgang zulässt; die Deutungen freilich bestimmt durch die theoretischen Gesichtspunkte, welche jeden der genannten Forscher bei seinen Beobachtungen leiteten. Ich selbst habe ebenfalls, wie aus dem Vergleich mit den älteren Auflagen dieses Buches hervorgehen würde, meine frühere Schilderung dieses Vorgangs mehrfach corrigirt.

Mit Haematoxylin ist es an Alkohol-Präparaten von Penicillium ebenfalls nicht schwer, sich von dem Vorhandensein zahlreicher sehr kleiner Zellkerne in den Zellen zu überzeugen. Sie sind wohl noch um die Hälfte kleiner als diejenigen von Saprolegnia. Ihre Zahl innerhalb einer Zelle ist je nach Länge dieser Zelle verschieden. Ich zählte 8, auch weniger, oft viel mehr. Sie liegen in den innern Theilen des Wandbelegs, wenn

1) Die Entwickelungsgesch. d. Achlya prolifera N. Act. A. L. C. N. C. 23, 1. 1850, p. 400 u. a.

2) Bot. Zeitung 1852, Sp. 476.

3) l. c. p. 439.

die Zelle ein Lumen aufzuweisen hat, oder auch in dem Plasma des Zellinnern eingebettet, wenn ein Lumen fehlt. — Die Scheidewände treten in den Schläuchen hinter den fortwachsenden Spitzen in ungleicher Entfernung von denselben auf[1]. Sie werden als zarte, helle, bald an Dicke zunehmende Linien sichtbar und scheinen den ganzen Querschnitt der vom Protoplasma erfüllten Zelle gleichzeitig zu durchsetzen. Weitere Einzelheiten lassen sich dem kleinen Object nicht abgewinnen, jedenfalls geht aus dem Beobachteten hervor, dass die Theilung hier nicht anders als in den Schläuchen von Saprolegnia vor sich geht.

Ich glaube übrigens, dass der Theilungsvorgang, wie wir ihn bei Saprolegnia geschildert, für alle Pilzhyphen Geltung haben wird, stets in den beiden Modificationen: dass bei vorhandenem Lumen eine von aussen nach innen fortschreitende, bei fehlendem Lumen eine simultane Ausbildung der Zellplatten vorliegen wird.

An die, von aussen nach innen ringförmig fortschreitende Bildung der Scheidewand bei Spirogyra und Cladophora, lassen sich die Vorgänge anschliessen, welche bei den schon berührten verschiedenen Repräsentanten der früheren Gruppe der Siphoneen zur Trennung der Schläuche in einzelne Abschnitte führen. Zum Unterschied von Spirogyra und Cladophora wird freilich bei den gedachten Pflanzen die ringförmig angelegte Scheidewand schon während ihrer Bildung sehr stark verdickt und der definitive Abschluss oft erst durch eigenthümliche Pfropfenbildung erreicht.

Bei der Gattung Bryopsis werden die Fiedern vom Stamme auf einem gewissen Entwicklungszustande abgegrenzt. Pringsheim giebt an[2], dass mehrere Vorgänge hierbei thätig sind. „Einmal die Verdickung der Membran der Fieder an ihrer Basis und die gallertartige Aufquellung derselben, die häufig für sich allein den Verschluss herstellt, meist aber noch eine bald weitere, bald engere Communicationsstelle zwischen Fieder und Stamm übrig lässt. Hierzu tritt dann noch die Bildung eines eigenthümlichen Pfropfens aus dem Inhalte der Zelle, der in die Communicationsstelle eingepresst erscheint. Diese beiden Vorgänge ergänzen sich gewöhnlich in den verschiedensten Entwicklungsgraden zum vollständigen Verschlusse. In den meisten Fällen entstehen aber noch ausserdem an der einen oder an beiden Seiten des Verschlusses, das Lumen des Stammes und der Fieder abschliessende

1) So auch Brefeld, Schimmelpilze. Heft II, 1874, p. 2[illegible].

2) Jahrb. der Berl. Akad. aus dem Jahre 1871. 1872, p. 244.

Membranen, so dass also die Bildung der Schwärmsporen in jedem Falle in einer von dem Hohlraum des Stammes völlig abgeschlossenen Zelle vor sich geht."

Diese Vorgänge hatte ich auch Gelegenheit wiederholt bei verschiedenen Arten von Bryopsis zu verfolgen. Zunächst beginnt die Wandung an der Ansatzstelle der Fieder sich etwas zu verdicken (Taf. XIII, Fig. 53). Eine Ansammlung von farblosem Protoplasma an dieser Stelle ist meist sichtbar. Die Verdickung nimmt zu, so dass ein dicker, relativ nur wenig sich nach innen zu verjüngender Wall in das Zelllumen vordringt (Fig. 54). Dieser Wall kann weiter wachsen, bis dass seine innern Ränder zusammenstossen (Fig. 56, 60); dann bildet er für sich allein einen vollständigen Verschluss, eine vollständige Scheidewand. Dieser Vorgang ist mir vornehmlich in inhaltsarmen Pflanzen mit nur schwachem Wandbeleg begegnet. In anderen Fällen erreicht der Wall zwar eine bedeutende Tiefe, doch ohne das ganze Zelllumen abzuschliessen; das kleine fehlende Stück wird dann als zusammenhängende Membran seinen Rändern aufgesetzt. Solche Fälle führt uns Fig. 55 und 57 vor. Der Wall erreicht in noch anderen Fällen, und zwar besonders in inhaltsreicheren Pflänzchen, eine nur geringe Tiefe, es hat sich dann gleichzeitig Protoplasma in reichlichem Maasse an der Einfügungsstelle der Fieder angesammelt und füllt hier das ganze Lumen aus; in diesem Plasma entsteht nun die an die verdickten Ränder ansetzende Scheidewand (Fig. 58, 59).

Alle diese Anlagen sind in der Jugend durch starke Quellbarkeit ausgezeichnet.

Die in dieser oder jener Weise angelegte Verschlusswandung erfährt später meist noch bedeutende Verdickung und es ist dann oft kaum mehr möglich zu sagen, auf welchem Wege der Verschluss zunächst angelegt wurde. Auch pflegen sich im weiteren Verlauf der Entwicklung meist auch noch die beiden angrenzenden Plasmakörper, oder der eine derselben, durch besondere Wandung abzuschliessen (Fig. 61). Nach erfolgter Entleerung der Schwärmer werden die Zweige abgeworfen und nur die verdickte Ansatzstelle bleibt als Stumpf an dem Mutterstamm zurück.

Bei Codium tomentosum erwähnte Thuret[1]) bereits der

---

1) Ann. de sc. nat. Bot. III, S. XIV, Bd. 1850, p. 232. Abgebildet auf Taf. 23.

Diaphragmen, als unregelmässiger „engorgements“, welche wohl verschieden seien von den schmalen Scheidewänden, die so scharf die Schläuche der Conferven theilen. Die Sporangien seien durch ein Diaphragma gleicher Natur von den keulenförmigen Schläuchen, denen sie aufsitzen, getrennt. — Neuerdings sind diese Diaphragmen von Arcangeli [1]) für mehrere Species von Codium eingehend beschrieben und in zahlreichen Abbildungen dargestellt worden. Schliesslich erwähnt auch Schmitz [2]), dass in den Schläuchen des Markes von Codium tomentosum hier und da vereinzelte Querwände, in Folge einer ringförmigen Verdickung der Membran, die bis zum vollständigen Verschluss des Zelllumens führt, auftreten. Durch solche Querwandbildung fände auch die Abgrenzung der Sporangien statt.

In der That habe auch ich nur Abschluss durch ringförmige Verdickung der Seitenwandung in den Schläuchen der Codium-Arten finden können.

Ebenso findet auch die Abgrenzung des Sporangiums von Derbesia marina statt. Die Zone, welche in die Verdickung eintritt, nimmt eine bedeutende Höhe in dem kurzen Stiele des birnförmigen Sporangiums ein. Sie führt bei weiterem Wachsthum entweder zur Bildung eines in allen Theilen gleichförmigen oder ungleichförmigen Verschlusses. Letzteres tritt ein, wenn der Ring an einzelnen Punkten stärker wächst. Dann werden mehr oder weniger unregelmässige Kammern in der Verschlusswandung ausgebildet.

Den bisher betrachteten Abschlüssen kann der Werth wirklicher Zellwände nicht abgesprochen werden. Namentlich geht dies aus dem Umstande hervor, dass dieselben auch Sporangien abzutrennen haben.

Fraglich ist es mir aber, ob ich auch noch mit echten Scheidewänden die Verschlüsse vergleichen darf, die sich in den Pollenschläuchen der Phanerogamen bilden. Wie ich schon früher gezeigt habe [3]), entstehen solche Verschlüsse nach Rückwärts hinter dem fortwachsenden Pollenschlauchende und grenzen die plasmareichen Theile des Schlauches gegen die entleerten ab. Den Vorgang selbst habe ich jetzt bei Allium ursinum verfolgt. Die Abends in 5 % Zuckerlösung gebrachten Pollenkörner

[1]) Nuovo giorn. bot. ital. Bd. VI, 1874, p. 174. Abbild. Taf. II—IV.
[2]) Sitzber. der niederrh. Ges. 4. August 1879. Sep.-Abdr. p. 2.
[3]) Vgl. Zellb. u. Zellth. p. 24 und die Fig. 40 u. 48, Taf. I.

waren am nächsten Morgen meist in den erwünschten Stadien. Sie haben dann lange Schläuche getrieben, welche zahlreiche Verschlüsse zeigen. Der Verschluss bildet sich in bereits inhaltsarmen, doch nicht völlig entleerten Theilen des Schlauches. Er beginnt mit einer ringförmigen (Fig. 62, 63 Taf. XIII.), oder auch mehr oder weniger einseitigen (Fig. 64, 65) Verdickung der Wand. Während diese fortschreitet, zieht sich das Plasma aus dem nach rückwärts anschliessenden Theile des Schlauches durch die verengte Stelle immer mehr zurück. In keinem Falle habe ich aber gesehen, dass sämmtliches Plasma aus dem hinteren Stücke ausgewandert wäre. Oft nur sehr geringe, doch manchmal auch noch ganz bedeutende Plasmamassen werden durch die sich bildende Wand abgeschnitten und weiterhin desorganisirt. Während der Bildung der Verdickung sieht man mit Körnchen beladene Plasmaströme an den zu verdickenden Stellen vorbeiwandern. Hat die Verengung des Lumens ein hohes Maass erreicht, so tritt oft eine Trennung zwischen den beiderseits von dieser Verengung befindlichen Plasmamassen ein. Die Plasmamasse der vorderen Zelle rundet sich nun gegen die verdickte Stelle ab und das noch fehlende Stück derselben wird sehr rasch ergänzt (Fig. 66 u. 67). Manchmal werden dicht über einander zwei verdickte Stellen der Wand sichtbar (Fig. 64), die beide zur Scheidewandbildung verwerthet werden können (Fig. 69). Manche Unregelmässigkeiten lassen sich hierbei verfolgen (Fig. 68, 69). Manchmal wird die Verdickung überhaupt nicht zur vollen Scheidewand ergänzt, sondern unvollendet zurückgelassen.

Zelltheilung durch freie, von aussen nach innen fortschreitende Einschnürung des protoplasmatischen Zellleibes, im Thierreiche so verbreitet, kommt im Pflanzenreiche so gut wie gar nicht vor, denn sie ist auf ganz vereinzelte Fälle der Theilung nackter Zellen bei Algen und der Theilung der nackten Schwärmer der Myxomyceten beschränkt. Da die Stellung der Myxomyceten im Pflanzenreich eine zweifelhafte ist, so lassen sich eigentlich nur die Fälle bei Algen als Beispiele anführen.

Die Zelltheilung durch Einschnürung ist eben vorwiegend nur möglich, wenn eine starre Hülle um die Zelle fehlt; da eine solche aber an den Pflanzenzellen fast stets vorhanden, so fällt auch die erwähnte Art der Zelltheilung für das Pflanzenreich weg. Man müsste denn geneigt sein, die Theilung mit ringförmig fortschreitender Scheidewandbildung in dieselbe Kategorie von Erscheinungen zu rechnen.

Bei den Oedogonieen wird die Oospore aus dem Oogonium entlassen. Hierauf zerfällt sie, wie dies Pringsheim [1]) zuerst schilderte, durch succedane Theilung in vier nackte Zellen, die sich zu Schwärmsporen ausbilden. Nach den Beobachtungen von Juranyi [2]) ist bei Oedogonium diplandrum die Ruhezeit der Oospore nur eine kurze. Die Oospore ist bald nach der Befruchtung orange-roth geworden und tritt als nackte Zelle aus dem Oogonium hervor. Sofort umgiebt sie sich mit einer zarten Membran. Sie führt pendelförmige Bewegungen aus und dreht sich zugleich um ihre Längsaxe. Hierauf erfolgt eine von aussen nach innen fortschreitende Einschnürung des Inhalts, der schliesslich in meist vier nackte Zellen zerlegt erscheint. Der ganze Theilungsvorgang nimmt nur 3 bis 4 Minuten in Anspruch.

Bei Volvox minor konnte Kirchner [3]) an den Oosporen ebenfalls Theilungsvorgänge durch Einschnürung verfolgen. Die Oosporen machen eine längere Ruhezeit durch. Dann tritt ihr Inhalt, von dem gequollenen Endospor umgeben, aus dem Epispor hervor. An der Oberfläche der Plasmakugel bildet sich hierauf eine hyaline Stelle aus. Die Kugel plattet sich ein wenig ab, wobei die hyaline Stelle den einen Pol derselben einnimmt. Anderthalb bis zwei Stunden nach Auftreten des hyalinen Flecks beginnt die Theilung. Zuerst am vorderen hyalinen, später auch am hinteren Pole, bemerkt man eine Einschnürung und nach etwa einer Stunde ist die Theilung vollendet. Jede der beiden nahezu halbkugeligen Tochterzellen besitzt am vorderen Pol wieder eine hyaline Stelle. Nach weiteren zwei Stunden wiederholt sich die Theilung, in einer Ebene, welche senkrecht auf der ersten Theilungsebene steht. Die entstandenen vier Zellen zeigen jede wieder ein hyalines Ende. Letztere werden aber allmälig unkenntlich und schwinden beim dritten Theilungsschritt. Zwischen den vier Zellen bildet sich bereits eine kleine Höhlung aus. Weitere Theilungen folgen ohne eine Massenzunahme des gesammten Protoplasma, so dass die erhaltenen Bilder sehr auffallend an gefurchte thierische Eier erinnern. Schliesslich ist aus der Oospore eine hohlkugelige Familie geworden, deren Zellenzahl Kirchner auf über 500 berechnet.

Die vollständigste Angabe über Zelltheilung durch Ein-

1) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I, 1858, p. 56, Taf. IV, Fig. 15 n, p, — 22.

2) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IX, 1873—74, p. 20 und Taf. III.

3) Beiträge zur Biologie der Pflanzen, herausgegeben von Cohn, Bd. III, 1879, p. 97 und Taf. VI.

schnürung, und zwar am vollständigsten, weil sie auch die Beobachtung der Kerntheilung in sich schliesst, verdanken wir Schmitz. Die frei entstandenen nackten Tochterzellen der Halosphaera viridis, dieser kugeligen, kürzlich von Schmitz entdeckten Alge[1]), sind, wie schon früher geschildert wurde, von halbkugeliger Gestalt. Die Zellen werden nun zunächst ellipsoidisch, dann kurzcylindrisch. Hierauf theilt sich der Zellkern[2]) und seine beiden Nachkommen wandern nach der Mitte der beiden abgeflachten Endflächen des Cylinders. Dann schnürt sich der Cylinder in der Mitte ringförmig ein. Die ringförmige Einschnürung schreitet allmälig weiter nach innen vor und schliesst endlich in der Mitte vollständig zusammen. Die Zelle hat sich soweit in zwei gleiche Tochterzellen getheilt. Diese bilden je einen Schwärmer von eigenthümlicher, annähernd kegelförmiger Gestalt[3]).

Nach den Angaben de Bary's[4]) vermehren sich viele, vielleicht alle Schwärmer der Myxomyceten durch Zweitheilung und zwar, wie es scheint, mehrere Generationen hindurch. Die Schwärmer sind länglich, an ihrem vorderen Ende leicht gespitzt und die Spitze in eine lange, undulirend hin und her schwingende Cilie ausgezogen. Das hintere Ende ist gewöhnlich stumpf abgerundet. Die Körnchen des Protoplasma sind im hinteren Theile des Schwärmers angesammelt. Im vorderen Theile liegt der Zellkern. In dem hinteren Ende eine bis drei Vacuolen, von denen mindest eine contractil. Der Schwärmer schwimmt mit der Cilie voran, frei rotirend im Wasser, oder er kriecht auf dem Substrat, wobei er entweder wurmförmig nach einer Seite fortrückt, die Cilie vorangestreckt oder amoebenartig kriecht, Fortsätze nach allen Seiten treibend. Die Cilie scheint er dann einzuziehen. Vor der Theilung wird die Bewegung der Schwärmer träger, er zieht sich zur Kugelform zusammen, Cilie und Vacuole verschwinden. Hierauf erscheint in der Mitte eine ringförmige Einschnürung, welche rasch tiefer wird, um den Körper nach wenigen Minuten in zwei kugelige Hälften zu zerlegen. Diese nehmen sofort wieder die Eigenschaften beweglicher Schwärmer an. Der

---

1) Mittheilungen aus der zoolog. Station zu Neapel, 1878, Heft I, p. 67.

2) Vergl. die ergänzende Bemerkung von Schmitz in: Beobachtungen über vielkernige Zellen der Siphonocladiaceen p. 36, Anm. **.

3) Mitth. a. d. zool. St. p. 79.

4) Pilze, Flechten und Myxomyceten p. 303 u. 304.

Zellkern soll sich bei der Theilung auflösen; auf sein Verhalten wird bei weiteren Untersuchungen zu achten sein.

Ganz entsprechend schildert Brefeld [1]) den Theilungsvorgang an den amoeboiden Schwärmern von Dictyostelium mucoroides. Die Amoebe nimmt unter Einziehung ihrer Pseudopodien runde, dann längliche Gestalt an, in der Mitte erfolgt eine allmälige Einschnürung und diese schreitet fort bis zur völligen Trennung in zwei Hälften unter gleichzeitigem Auftreten wechselnder Fortsätze an beiden. In den grösseren Amoeben traten die Zellkerne deutlich hervor, waren aber bei der Theilung nicht zu verfolgen.

Sehr eigenthümlich klang die Angabe, welche Schmitz über das Verhalten der Zellkerne in den grossen Intermedialzellen von Chara machte [2]). Diese Zellkerne sollen sich nämlich bei fortschreitender Vergrösserung ihrer Zellen fortgesetzt durch Theilung vermehren. Während dieser Theilung soll aber keinerlei faserigstreifige Differenzirung der Kernmasse, wie sie in den sich noch theilenden Zellen an den Zellkernen hier zu beobachten ist, erfolgen. „Bei der Theilung schnürt sich vielmehr der gerundetscheibenförmige Zellkern von einer Seite her allmälig ein. Diese Einschnürung dringt immer weiter nach der Mitte des Kerns und weiter nach dem entgegengesetzten Rande hin vor, um hier endlich mit einer entgegenkommenden schwachen Einschnürung zusammenzutreffen und so den Kern, in dessen Innerem zu keiner Zeit eine faserig-streifige Differenzirung zu bemerken war, in zwei meist etwas nierenförmig gebogene Stücke zu zertheilen. Häufig beginnt schon vor vollendeter Zweitheilung in einer oder in beiden Theilhälften eine abermalige Zweitheilung in Gestalt einer ringförmigen Einschnürung in der Mitte des Tochterkerns. Dann wiederholt sich derselbe Vorgang in einzelnen oder in sämmtlichen Theilstücken mehr oder minder häufig und mehr oder minder regelmässig, so dass in älteren Gliederzellen von Chara die mannigfaltigsten Gestalten von Zellkernen in Theilung aufzufinden sind. Häufig sind diese Zellkerne in den Zellraum vertheilt, so zwar, dass sie stets im Innern des Plasmaschlauches innerhalb der Chlorophyllschicht in einem Meridian liegen, der sich mit der Ebene des bekannten Interferenzstreifens der Charazellen rechtwinklich kreuzt; häufig aber liegen auch diese

1) Abh. der Senckenb. Naturf. Ges. Bd. VII, 1869, S.-A. p. 5.
2) Szbr. der niederrh. Ges. 4. Aug. 1879, S.-A. p. 25.

Zellkerne in noch grösserer Menge dicht beisammen. Die Gestalten, die man hier beobachtet, sind sehr wechselnd; cylindrische, nierenförmige, mannigfaltig verborgene Kerne kommen hier vor und vielfach beobachtet man auch unregelmässig verborgene, eingeschnürte Ketten, ähnlich den Ketten kleiner Würste."

In seiner Publication über mehrkernige Zellen bemerkte Treub [1]), er habe Zellkerne gefunden, welche, von Theilungen stammend, sich später durch „Fragmentation" vermehren: doch seien die so gebildeten Stücke nicht mit wirklichen Zellkernen zu vergleichen. Auf eine diesbezügliche Anfrage hatte M. Treub die Güte mir mitzutheilen, er habe ebenfalls die Zellkerne der Chara, deren Verhalten inzwischen Schmitz beschrieben, im Sinne gehabt. M. Treub sandte mir gleichzeitig den Probedruck eines Aufsatzes über pflanzliche Zellkerne, der in Ed. van Beneden's Archives de Biologie demnächst erscheinen soll. Hier giebt er an, dass der Zellkern der grossen Centralzelle des Internodiums bei Chara, sobald diese Zelle zu wachsen anfängt, grobkörnig wird. Er verändert sein Aussehen und nimmt die Gestalt einer Mondsichel an. Die Einschnürung wird immer tiefer und giebt zwei völlig getrennte Fragmente, die ihrerseits weiter zerfallen.

Ich selbst habe inzwischen Nitella flexilis untersucht und kann auch für diese den gleichen Vorgang bestätigen. Auch hier verändert der Zellkern zunächst sein Aussehen, wird körnig, undurchsichtig und zerfällt, sich krümmend, durch einseitig fortschreitende Einschnürung in zwei Fragmente (Taf. XIII, Fig. 71). Diese wiederholen die Theilung, die ich in einer Reihe von Figuren (Fig. 70—78) hier vorführe. Dabei ist zu bemerken, dass ich zur bildlichen Darstellung solche, bei weitem weniger häufigen Fällen ausgewählt habe, in welchen der Vorgang sich besonders typisch abspielte. Die unregelmässigsten Formen kommen daneben vor. Die Einschnürung geht im Wesentlichen so vor sich, wie wir sie für die meisten Chlorophyllkörner kennen. Manchmal beginnt sie an Kernfragmenten, die noch nicht von einander getrennt sind, so dass Ketten entstehen (Fig. 78). Die Zahl der Kernfragmente in jeder Internodialzelle wird schliesslich sehr gross, eine bestimmte Stellung in der Zelle habe ich sie nicht einnehmen sehen.

---

1) Archives Néerlandaises Bd. XV, 1880. S.-A. p. 20.

Ich stimme M. Treub (l. c.) vollkommen darin bei, dass diese, durch Einschnürung des Zellkerns erzeugten Kernstücke nicht mehr mit echten Zellkernen zu vergleichen seien. Schon das völlig veränderte Aussehen zu Beginn des Vorgangs würde gegen einen solchen Vergleich sprechen.

In dieselbe Kategorie wie die Zellkerne der grossen Internodialzellen der Characeen gehören vielleicht auch die Zellkerne in den älteren Abschnitten der Valonia-Zelle. Diese Zellkerne verhalten sich nämlich nach Schmitz [1]) anders, als die Zellkerne der jüngern Abschnitte. Sie dehnen sich vor der Theilung vielfach zu langcylindrischer Gestalt aus, so dass ihre Länge oft um das Zehnfache die Breite übertrifft. Diese Körper sind gerade gestreckt oder gekrümmt, oder eingeknickt. In ihrem Innern lassen sich einzelne dunkler gefärbte Körper unterscheiden. Die Theilung erfolgt nun einfach so, dass etwa in der Mitte eine Einschnürung auftritt, die beiden Hälften allmälig aus einander rücken, die eingeschnürte Stelle fadenförmig gestreckt und schliesslich durchrissen wird. Die gebildeten neuen „Kerne" behalten ihre Gestalt bei, sie runden sich nicht ab. Ebenso wenig zeigen sie anderweitige Veränderungen. Sie bleiben cylindrisch oder spindelförmig, zeigen nur geringe Dichtigkeit ihrer Masse, sind nur schwach lichtbrechend und speichern weniger Farbstoff an, als die Kerne des oberen Theiles der Valonia-Zelle. Doch ist es Schmitz wahrscheinlich, dass diese Zellkerne unter Verdichtung ihrer Substanz wieder kugelig werden können.

Bei Ophioglossum vulgatum und Botrychium Lunaria sah Treub (l. c.) merkwürdig eingeschnürte und gelappte Zellkerne, wie sie wiederholt in thierischen Zellen beschrieben und dort zum Theil als Theilungszustände aufgefasst wurden. Diese Zellkerne finden sich bei den genannten Ophioglosseen in alten Zellen, vornehmlich aus der Nähe der Gefässbündel im Blattstiel. So viel Treub feststellen konnte, führen diese Einschnürungen hier nicht bis zur Fragmentation des Zellkerns.

Aehnliche, mannigfaltig gelappte Formen von Zellkernen beschrieben R. Hartig [2]), ich [3]) und Elfving [4]) in den Pollenzellen

1) Siphonocladiaceen p. 30, 1879.

2) Botan. Untersuchungen, herausgeg. von Karsten 1866, 3. Heft, p. 294.

3) Befruchtung und Zelltheilung p. 18 ff. Jenaische Zeitschr. für Naturw. Bd. XI, p. 450, 1877.

4) Jenaische Zeitschrift für Naturw. Bd. XIII, p. 1, 1879.

der Angiospermen. Eine Fragmentation derselben haben wir nicht beobachtet.

In den peripherischen Endospermzellen von Imatophyllum (Clivia) cyrtanthiflorum und zwar an Präparaten, die in den innern Endospermzellen noch Theilungen zeigten, sah Treub (l. c.) hypertrophirte, zum Theil eingeschnürte Zellkerne. Oefters vereinigte nur ein dünnes Band die beiden Hälften des Zellkerns. In noch anderen Zellen sah man zwei Zellkerne liegen und es liess sich annehmen, dass die Verbindungsbrücke durchrissen war. Wie der Augenschein lehrte, handelte es sich hier um einen abnormen Vorgang.

---

# ZWEITER THEIL.

## Ueber Zellbildung und Zelltheilung
im Thierreiche.

Die Litteratur über Zellbildungsvorgänge auf thierischem Gebiete ist in den letzten Jahren ganz ausserordentlich gewachsen. Dies musste es mir, der ich naturgemäss auf das Gebiet der Botanik angewiesen bin, immer schwieriger erscheinen lassen, ihrer Entwicklung zu folgen. Versuche ich es dennoch, hier eine möglichst vollständige Uebersicht der gesammten Zellbildungsvorgänge auf thierischem Gebiete zu geben, so geschieht es, weil die Einheit des Gegenstandes auch diese einheitliche Behandlung verlangt.

Hierdurch wird diesem Buche auch sein ursprünglicher Charakter gewahrt.

In einer Zeit, da noch wenig Daten hierfür vorlagen, habe ich auf die Uebereinstimmung dieser Vorgänge bei Thieren und Pflanzen hingewiesen. Jetzt scheint mir diese Uebereinstimmung fest begründet zu sein.

Um Kernspindeln auch in thierischen Zellen aufzufinden, war ich bei der ersten Auflage dieses Buches auf eigene Untersuchungen angewiesen. Erst gegen Schluss derselben fand ich in Bütschli's Mittheilungen eine wichtige Stütze.

Jetzt ist die Sache freilich anders geworden und ich habe mit Freude auf eigene Untersuchungen thierischer Objecte verzichtet, um mich auf das botanische Gebiet, das ich für alle Fälle besser beherrsche, zu concentriren.

Ich gebe im Folgenden eine Inhaltsübersicht aller mir bekannt gewordenen Publicationen und zwar zunächst ohne kritische Bemerkungen. Wenn von einem Verfasser mehrere Arbeiten vorliegen, werden sie, bei möglichstem Einhalten der durch die Zeit ihres Erscheinens gebotenen Reihenfolge, zwischen andere eingeschaltet. Auch wenn ein Verfasser im Laufe der Zeit seine Ansicht änderte, habe ich mich nicht an die zuletzt dargelegte allein gehalten. Denn es handelt sich hier um einen Gegenstand,

durch, dass das Plasma sich an der Oberfläche des Keimbläschens sammelt, dichter wird und sich allmälig von der gemeinsamen Substanz trennt.

F. M. Balfour[1]) giebt an, dass die primitiven Eier von Scyllium (Selachier) auf zwei wenig verschiedenen Wegen zu bleibenden Eiern werden[2]).

Ein Nest von primitiven Eiern bildet sich durch fortgesetzte Theilung eines ersten, oder auf anderem Wege. Die Körper all der Eier verschmelzen mit einander und bilden so eine polynucleare Masse, die an Grösse zunimmt und deren Kerne sich durch Theilung vermehren. Die Kerne gehen hierbei eigenthümliche Differenzirungen ein; indem schliesslich ihre Substanz sternförmig und dann netzförmig vertheilt erscheint. Hat ein Nucleus diesen Zustand erreicht, so wird das Protoplasma um denselben körnig und schnürt sich mit ihm zusammen von dem Neste, als eine selbständige Zelle, als ein bleibendes Ei, ab. Nicht alle Kerne des Nestes gehen übrigens in diese Veränderungen ein.

In dem zweiten Falle verschmelzen die primitiven Eier nicht zu einem Nest und werden zu bleibenden Eiern.

Wie bei Anlage der Eier werden auch bei der Entstehung der Samenkörper in verschiedenen Thierclassen vielkernige Protoplasmamassen geschildert. So von Metschnikoff[3]), von la Valette St. George[4]), Bütschli und Andern.

Die mehrkernigen, grossen Keimzellen der Spermatozoen von Blatta germanica lösen sich von protoplasmatischen Massen, die viele Kerne enthalten, ab. Durch Zerfall und Ablösung von solchen, viele Kerne einschliessenden Plasmamassen gehen Zellen hervor, die immer weniger Kerne enthalten, bis schliesslich einkernige echte Zellen entstehen[5]). Man trifft vielfach solche mehrkernige Zellen noch durch zarte protoplasmatische Stränge im Zusammenhang.

Als Beispiel freier Kern- und Zellbildung im Thierreiche wurden die Vorgänge angeführt, die sich bei der Entstehung der Keimhaut an den Insecteneiern abspielen.

---

1) Quarterly Journ. of micr. science. Vol. XVIII, N. S. 1878, p. 383.

2) Das Resultat p. 416 zusammengestellt.

3) Arbeiten der ersten Vers. russischer Naturf. 1868. Abth. für Anat. u. Phys. p. 50.

4) Archiv für mikr. Anat. Bd. X, 1874, p. 500.

5) Butschli, Zeitschrift für wiss. Zool. 1875, Bd. XXV, p. 427 und Abh. der Senckenb. Ges. Bd. X, 1876. Sep.-Abdr. p. 39, Fig. 1 u. 2, Taf. V.

Weismann[1]) liess bei den Dipteren, der Bildung des Blastoderms, die Ausscheidung einer hellen, durchsichtigen, fast homogenen Substanz, des sogenannten Keimhautblastems, vorausgehen. In diesem Blastem liess Weismann ziemlich gleichzeitig an der ganzen Peripherie des Eies Kerne auftreten, um welche herum sich das Blastem in einzelne, je einen Kern umschliessende und an der Eioberfläche halbkugelig vorspringende Partien gruppiren sollte. Weismann giebt eine allmälige, selbständige Entstehung der Kerne an, so dass sie Neubildungen, nicht Abkömmlinge des Keimbläschens sein sollten.

Ebenso meint Ganin[2]), dass die Entstehung der ersten Embryonalzellen im Ei der Pteromalinen in keinem Zusammenhang mit dem Keimbläschen steht, da dieses in dem reifen Ei nicht mehr existirt.

Nach Kowalevsky[3]) treten die Blastodermzellen bei Apis mellifica als halbkugelige, aus Protoplasma und Kern bestehende Erhebungen am Ei hervor, ohne zuvorige Abscheidung eines besonderen Blastems.

Metschnikoff[4]) hingegen fand bei den untersuchten Insecten zunächst im Innern des Dotters als Derivate des Keimbläschens zwei Kerne, dann vier, dann neun bis zehn, welche bei weiterer Vermehrung allmälig an die Peripherie des Dotters treten, um das Blastoderm zu bilden. Die Kerne der Blastodermzellen stammen nach ihm somit von Keimbläschen, die Zellkörper derselben vom Dotter ab.

Brandt[5]) lässt sich das Keimbläschen, das er für eine Zelle, das eigentliche Ei hält, bei Aphiden vermehren. Die Abkömmlinge des Keimbläschens sind somit nicht nur die Kerne, sondern die ganzen Blastodermzellen.

Neuerdings stellt nun wieder Bobretzky[6]) eingehende Untersuchungen über diesen Gegenstand an. Er findet bei Lepidopteren im Eidotter eine steigende Zahl kleiner Körperchen deren vier,

---

1) Zeitschrift für wiss. Zool. Bd. XIII. Die Entwicklung der Dipteren, 1864, p. 6.

2) Zeitschrift für wiss. Zool. Bd. XIX, 1869, p. 438.

3) Mém. de l'Acad. de sc. de St. Petersb. VII. Ser. T. XVI, 1871, Nr. 12, p. 45.

4) Zeitschr. für wiss. Zool. Bd. XVI, 1866, p. 130.

5) Nachrichten d. k. Ges. der Freunde der Naturerkenntniss etc. in Moskau, Bd. XXII und über das Ei und seine Bildungsstätte etc. Leipzig 1878.

6) Zeitschrift für wiss. Zool. Bd. XXXI, 1878, p. 195.

acht und mehr. Jedes Körperchen führt im Innern einen Kern und dieser erscheint von einem Hof feinkörniger Substanz umgeben. Diese Substanz unterscheidet sich durch ihr Aussehen scharf von dem umgebenden Dotter, besitzt strahlige Contouren. Bobretzky hält die ganzen Gebilde für echte, aus Protoplasma und Kern bestehende amoeboide Zellen. Auf späteren Zuständen soll die zellige Natur dieser Gebilde besonders hervortreten. Die im Dotter zerstreuten, mit langen Fortsätzen versehenen Zellen stellen ein Bild dar, welches etwa an das reticuläre Bindegewebe erinnert. Die sich weiter vermehrenden Zellen treten schliesslich zum Theil an der Peripherie des Dotters hervor. An diesen Zellen zieht das Protoplasma seine Fortsätze ein und häuft sich um den Kern herum. Mit Bildung des Blastoderms nehmen die im Dotter befindlichen Zellen an Menge keineswegs ab. Diese bedingen später den Zerfall des Dotters in die sogenannten Dotterschollen oder Dotterballen, welche als echte Zellen zu betrachten sind.

Graber[1]) fasst die Embryonalzellen im Centrum des Dotters bei verschiedenen Insecten als wahrscheinliche Theilungsproducte des Keimbläschens auf. Diese nackten Zellen haben einen relativ grossen Kern mit zahlreichen Kernkörperchen und einen strahligen Körper. Sie werden nicht alle zur Blastodermbildung verwendet.

Brandt[2]) hält in einem neueren Aufsatze an der Einatur des Keimbläschens fest. Für Bobretzky ist hingegen das Keimbläschen ein Kern, von dem nur Kerne von zukünftigen Embryonalzellen abstammen können[3]).

Bei Araneiden liess Balbiani[4]) für die Entstehung des Blastoderms die Kerne frei als diffuse Flecke an der Oberfläche des Eies auftreten. Bald nach ihrem Erscheinen üben sie einen Einfluss auf ihre Umgebung. Sie erscheinen als Centren strahliger Systeme. Um einen jeden der Kerne sind die Körnchen besonders angesammelt. Die Keimschicht zerfällt hierauf in Stücke, deren jedes einen Kern in der Mitte führt: es sind das die ersten Keimzellen.

Nach H. Ludwig[5]) wird hingegen auch das Blastoderm der Spinnen nicht auf einmal auf der Oberfläche des Eies, wie man

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. XV, 1878, p. 630.
2) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVII, p. 43, 1879.
3) l. c. p. 209.
4) Ann. d. sc. nat. Zoologie. T. XVIII, Janv. 1873, p. 45.
5) Zeitschrift für wiss. Zool. T. XXVI, März 1876.

es früher glaubte, angelegt, vielmehr durch fortgesetzte innere Theilung. Man sieht im Innern des Dotters eine Plasma-Ansammlung, die in zwei, vier und mehr Theile zerfällt. Ludwig sah oft helle Flecke in diesen Ansammlungen, ohne sich überzeugen zu können, dass es Kerne sind. Diese Plasma-Ansammlungen werden immer zahlreicher und nähern sich der Oberfläche, an der sie gleichzeitig auftauchen.

Die Vorgänge der Furchung bei den Decapoden, wie sie Paul Mayer[1]) bei Eupagurus schildert, sind geeignet, auch über die Vorgänge im Insecten- und Spinnen-Ei noch weiteres Licht zu verbreiten. Das Ei erhält hier nach einander 1, 2, 4 und 8 Kerne, denen ebenso viele Protoplasmahöfe zugehören. Darauf erfolgt die Theilung in 2, 4 und 8 unter sich annähernd völlig gleiche Zellen. Wenn das Ei sich zum vierten Male furcht, beginnt eine Trennung des „Deutoplasma" vom Protoplasma. Das Protoplasma localisirt sich immer mehr an der Peripherie, während die Zellgrenzen in der Nähe des Eicentrums immer mehr schwinden. Nach beendetem achten Furchungsacte führt dieses zur Bildung des Blastoderms, welches wie eine dünne Haut den Nahrungsdotter, d. h. das gesammte von nur wenig Protoplasma durchzogene Deutoplasma einschliesst.

So auch hatte schon E. van Beneden[2]) bei Asellus aquaticus in der Peripherie des Dotters das Auftreten von hellen Flecken, die von strahliger Aureole umgeben sind, beschrieben. Diese Flecke vermehren sich durch Theilung; man sieht derer 2, 4, endlich 8 auf derselben Eihälfte. Es sind das Zellkerne. Nunmehr treten zwischen den Kernen in gleichen Entfernungen Furchen auf, die nach der Mitte des Eies fortschreiten und den Dotter in so viel Segmente als Kerne vorhanden waren, theilen.

Hierher würde auch die Entwicklung der Blutkörperchen, wie sie von Wissozky[3]) geschildert wird, gehören. Die Bildung der rothen Blutkörperchen konnte derselbe am deutlichsten an der Allantois von Hühnerembryonen verfolgen. Ein gewisser Abschnitt des soliden „hämatoblastischen Stranges" nimmt eine rosa-orange Farbe an. Aus diesem Protoplasma entstehen die rothen Blutkörperchen und sehen aus als wie mit einem Locheisen heraus-

1) Jenaische Zeitschrift Bd. XI, 1877, p. 205 ff.

2) Bull. de l'Acad. d. sc. de Belg. 2me ser. Bd. XXVIII, 1869 et XXIX, 1870.

3) Archiv für mikr. Anat. Bd. XIII, p. 488 ff. 1877.

geschlagene Stücke. In einem Theil derselben unterscheidet man deutlich Kerne und Kernkörperchen. In anderen Blutkörperchen sind die Contouren der Kerne schwach angedeutet und an Stelle des Kernkörperchens bemerkt man nur einen dunkeln Punkt. Endlich beobachtet man in einigen Blutkörperchen an Stelle der Kerne nur eine Anhäufung von dunkler gefärbten Körnchen. Wissozky nimmt daher an, dass die Kerne und die Kernkörperchen der rothen Blutkörperchen sich erst bilden, nachdem die Körperchen aus dem umgebenden Plasma entstanden sind. Die Thatsache, dass die Mehrzahl der Blutkörperchen von einander und von dem umgebenden Protoplasma durch farblose und durchsichtige Ringe getrennt sind, veranlasst die Annahme, dass die Körperchen sich aus dem Mutterprotoplasma durch Verflüssigung gewisser Theile aussondern. — Die farblosen Blutkörperchen bilden sich auf dieselbe Weise wie die rothen, aber aus Abschnitten des hämatoblastischen Protoplasma, welche keine Hämoglobin enthalten.

Sehr complicirt ist die Literatur über die Regeneration der Epithelien. Ich kann derselben hier nicht eingehender folgen und will nur bemerken, dass nach Klebs [1]) und Mayzel [2]) am Rande der Epitheldefecte die Kerne frei, nach Th. v. Ewetsky [3]) und Eberth [4]) hingegen durch Sprossung und Abschnürung aus den alten Kernen enstehen. — Th. v. Ewetsky lässt bei der Regeneration des Endothels der Membrana Descemeti des Frosches, die Kerne kurze, dicke, buckel- oder knospenartige Fortsätze bilden. Es erscheinen in dem Kernkörper mehrere verschieden gestaltete Kernkörperchen, welche sich oft theilen, sie liegen mitunter auch in den Kernfortsätzen. Letztere lösen sich bald ab und nun findet man neben einem grösseren Kerne einen oder mehrere kleine. Solche Bilder, meint v. Ewetsky, mögen die Annahme von der freien Entstehung der Kerne veranlasst haben. Die Vermehrung der Kerne wird nur zum Theil durch solche Ablösung der Sprosse bewirkt, in anderen Zellen zerfällt die Kernsubstanz in zwei oder mehrere Theile, die sich gelegentlich auch noch weiter theilen können. Dieser Zerfall erfolgt entweder gleichzeitig oder successiv durch Abschnürung einzelner Kerntheile. — Mayzel beschreibt vornehmlich am Rande des Epithelialdefectes der Hornhaut des

1) Archiv für exp. Path. u. Pharm. Bd. III, Heft 2, p. 144 u. 153, 1874.

2) Zuletzt in den Arbeiten der Laboratorien der medicin. Facultät der Warsch. Univ. 1878. 4. Lief. p. 55 ff.

3) Unters. aus dem path. Inst. zu Zürich, III. Heft, 1875, p. 97.

4) Ebendas. p. 121.

Frosches die Bildung der Kerne. In manchen Elementen des Randes, die Auswüchse benachbarter Epithelzellen sind, findet er nur gleichmässig körniges Plasma. In anderen Auswüchsen oder schon abgesonderten Elementen findet er ein oder mehrere Körner, die sich durch ihre Grösse und ihren Glanz auszeichnen. In noch anderen Elementen findet er schliesslich, um ein oder einige Körner, einen hellen, deutlich abgegrenzten Raum. In letzterem Falle liegt ein Kern mit Kernkörperchen deutlich vor. Dieser ist somit, nach Mayzel, frei im Protoplasma entstanden und zwar sollen die zuerst sichtbar werdenden glänzenden Körner die Anfänge der Kerne selbst, nicht etwa Kernkörperchen sein. Die neu angelegten Kerne unterscheiden sich zunächst von den älteren und so trifft man denn in einzelnen Zellen zwei Zellkerne von verschiedenem Aussehen, die somit nicht durch Theilung aus einander hervorgegangen sein können.

Unter den obigen Schilderungen stimmen diejenigen Angaben, die sich auf die furchenden Eier von Insecten, Spinnen und Krebsen beziehen, am besten mit gewissen im Pflanzenreiche beobachteten und von mir unter freie Zellbildung gebrachten Vorgängen überein. Die Kerne theilen sich eine zeitlang frei und dann folgt die Spaltung des Protoplasma in so viel Abschnitte, als Kerne gegeben sind. Bei Crustaceen, wo die Tochterzellen alles Plasma der Mutterzelle zu ihrer Bildung verbrauchen, würde der Vorgang früher von Botanikern als Vielzellbildung bezeichnet worden sein. Bei den Insecten und Arachniden, wo eine peripherische Zellschicht um den inneren Dotter entsteht, liegt aber freie Zellbildung auch im früheren Sinne vor, insofern nämlich, als nicht das Gesammtplasma der Mutterzelle zur Bildung der Tochterzellen verbraucht wird. Ob die strahlige Plasmamasse, welche die Kerne, die an die Oberfläche des Dotters treten sollen, zuvor schon umgiebt, als Zellkörper zu deuten, oder ob sie nur mit den strahligen Ansammlungen von Plasma um freie pflanzliche Embryosackkerne zu vergleichen ist, will ich dahin gestellt sein lassen, halte aber Letzteres für wahrscheinlich. Für alle Fälle bilden die Zellkörper der an die Oberfläche des Dotters getretenen Zellkerne alsbald eine zusammenhängende Zellschicht: das Blastoderm.

Auch die zahlreichen Zellkerne im Protoplasma der Ovarialschläuche und der grossen Keimzellen von Spermatozoiden, von denen eine fortgesetzte Vermehrung durch Zweitheilung wiederholt angegeben wird, können mit den zahlreichen, sich durch Zwei-

theilung vermehrenden Kernen der pflanzlichen Embryosäcke verglichen werden. Die Art, wie hier die einzelnen Zellen mit ihrem Zellkern sich aus der gemeinsamen Plasmamasse individualisiren, bleibt zum Theil eigenartig, schliesst aber doch auch an freie Zellbildung im Pflanzenreich, wie sie in den Eiern der Coniferen, den Ascis der Ascomyceten etc. vorliegt, an.

In den bisher berührten Fällen ist durch neuere Untersuchungen die freie Bildung von Kernen ausgeschlossen, diese vermehren sich vielmehr durch Theilung. Anders soll es, den Angaben E. van Beneden's nach, bei der Entstehung der Keime von Dicyemiden, der Kerne in den Pseudofilarien der Gregarina sein. Da sollen die Kerne wirklich frei, unabhängig von schon vorhandenen auftreten. Ebenso würden den Schilderungen Wissozky's nach die Blutkörperchen und deren Zellkerne bei Säugethier- und Hühnerembryonen frei entstehen. Endlich wird auch eine freie Kernbildung von gewichtiger Seite bei der Regeneration der Epithelien behauptet. — Für das Pflanzenreich sind wir zu dem Resultate gelangt, dass freie Kernbildung doch nicht existirt. Sollte eine solche im Thierreiche vorkommen? hierüber werden weitere Untersuchungen noch zu entscheiden haben.

## Zelltheilung.

Die radiale Structur sich theilender Eier wurde schon gesehen von Grube[1]) bei den Hirudineen, von Derbès[2]) beim Seeigel, von Krohn[3]) bei den Ascidien, von Gegenbaur[4]) bei Sagitta, von Meissner[5]) beim Seeigel, von Kowalevsky[6]) und Kupffer[7]) bei den Ascidien, von Leuckart[8]) bei den Nematoden und von Balbiani[9]) bei den Spinnen. Meissner[10]),

1) Unters. über die Entw. der Anneliden, Heft 1, 1844.
2) Ann. d. sc. nat. Zool. 3me ser. T. VIII, p. 90, 1847.
3) Müllers Archiv p. 313, 1852.
4) Abh. der Naturf. Ges. zu Halle, Bd. IV, Nr. 1, p. 7, 1856.
5) Verh. der Naturf. Ges. zu Basel, 3. Heft, p. 374, 1856.
6) Mém. de l'acad. imp. de sc. de St. Petersb. VIIme ser. Bd. X, 1866, Taf. I, Fig. 2 u. 3.
7) Archiv für mikr. Anat. Bd. VI, 1870, p. 120 u. ff.
8) Die menschlichen Parasiten Bd. II, p. 90, 1876 vollständig erschienen.
9) Ann. d. sc. nat. Zool. T. XVIII, 1873, p. 45.
10) Verh. der Naturf. Ges. zu Basel 1856, 3. Heft, p. 374.

Claparède[1]) und Munk[2]) schildern eine radiäre Anordnung der Körnchen in den Mutterzellen der Spermatozoen. Alle diese Fälle blieben aber unerklärt.

Kowalevsky[3]) sah an Eiern von Euaxes, die in vier Furchungskugeln zerfallen waren, an den nach dem Centrum gerichteten Enden der Kugeln weissliche Flecke, welche er auf Querschnitten untersuchte. Der in seiner Figur 24, Taf. IV l. c. abgebildete, zeigt ihm die Bildung zweier neuer kleinerer Kugeln an den durchschnittenen beiden grossen, wobei den kleinen Kugeln je eine Hälfte des Kernkörperchens und ein kleiner Theil des Protoplasma der grossen Kugeln zufiel. Der Kernkörper erschien auf dem Querschnitt aber nicht wie ein sich theilendes Bläschen, vielmehr zeigten sich in der alten, wie in der sich neu bildenden Zelle, zwei körnige Anhäufungen, welche mit einander durch feine körnige sehr deutliche Stränge verbunden waren.

Oellacher[4]) beobachtete in den Furchungskugeln der Forelle statt einfacher Kerne Ansammlungen kleiner Kernchen.

Fol[5]) war der erste, der in seiner Arbeit über die Entwickelung der Geryoniden, das Auftreten zweier Sonnen in den Eiern schilderte.

„Im befruchteten Geryonia-Ei", schreibt derselbe[6]) „wird zunächst der Eikern oder das Kernbläschen heller, verschwommener"; . . . nach einigen Secunden verschwindet es gänzlich vor dem bewaffneten Auge. „Setzen wir aber gerade in diesem Augenblicke etwas Essigsäure hinzu, so kommt der Rest, gleichsam nur eine Andeutung des früheren Kerns, wieder zum Vorschein. Auf beiden Seiten dieser Kernüberbleibsel zeigen sich zwei Protoplasmaanhäufungen, deren dicht angesammelte Körnchen zwei regelmässige, sternförmige Figuren darstellen. Die Strahlen dieser Sterne werden durch die in geraden Linien aneinandergereihten Körnchen gebildet. Mehrere solche Linien reichen von einem Stern- oder Anziehungscentrum in einem Bogen zum andern, indem sie die Reste des Keimbläschens umfassen. Das ganze Bild ist äusserst klar und deutlich und erinnert lebhaft

---

1) Mém. d l. soc. Phys. de Genève T. XV, p. 60, Taf. V, Fig. 16—18, 1860.

2) Zeitschrift für wiss. Zool. Bd. IX, p. 365, 1858.

3) Mem. de l'Acad. imp. d. sc. de St. Petersb. VII. Série, T. XVI, Nr. 12, 1871, vorgelegt der Akademie am 18. Nov. 1869.

4) Zeitschrift für wiss. Zool. Bd. XXII, 1872. Sep.-Abdr. p. 38.

5) Jenaische Zeitschrift Bd. VII, 1873, p. 471.

6) l. c. p. 475.

an die Art und Weise, wie ausgestreuter Eisenstaub sich um die beiden Pole eines Magneten anordnet." „Hätten wir", schreibt Fol, „mit dem Zusatz des Reagens noch einige Secunden gewartet, so hätten wir vom Keimbläschen keine Spur mehr angetroffen. Die Sterne sind dann schon weiter auseinandergerückt." „Jetzt fängt die erste Furchung oder Zelltheilung an", „senkrecht auf eine Linie, die wir uns durch beide Sterne geführt denken können."

Die Kerne der Tochterzellen werden nach vollzogener Theilung neu angelegt, aus kleinen, jetzt auftretenden und mit einander verschmelzenden Vacuolen. Diese bilden schliesslich zusammen eine einzige grosse Vacuole. Es soll somit der alte Zellkern schwinden, zwei neue Anziehungsmittelpunkte auftreten und in diesen die Segmentkerne sich bilden.

Nach A. Schneider besitzt das reife Sommerei von Mesostomum Ehrenbergii einen grossen von Flüssigkeit erfüllten Kern und einen Nucleolus, der wieder einen kleinen, von Flüssigkeit erfüllten Raum enthält. Nach der Befruchtung schwinden die Umrisse des Kerns sowie des Nucleolus und der ganze Kern verwandelt sich in einen Haufen feiner, lockig gekrümmter, nur auf Zusatz von Essigsäure sichtbar werdender Fäden. An Stelle dieser dünnen Fäden treten endlich dicke Stränge auf, zuerst unregelmässig, dann zu einer Rosette angeordnet, welche in einer, durch den Mittelpunkt der Kugel gehenden Ebene (Aequatorialebene) liegt. Dem Anschein nach bilden diese Stränge den Umriss einer flachen, vielfach eingebuchteten Blase; indess überzeugt man sich, dass ihr Contour an den innern Winkeln der Zipfel vielfach unterbrochen ist. Die im Ei befindlichen Körnchen haben sich in Ebenen gruppirt, welche sich in einer senkrecht auf die Aequatorialebene und in deren Mittelpunkt stehenden Linie schneiden (Medianebenen). Das Alles ist erst bei Zusatz von Essigsäure deutlich zu sehen. Wenn die Zweitheilung beginnt, haben sich die Stränge vermehrt und so geordnet, dass ein Theil nach dem einen Pol, der andere nach dem andern sich richtet. Endlich schnürt sich das Ei ein und die Stränge treten in die Tochterzellen. Die Reihen der Körnchen strecken sich in die Länge und lassen sich aus der einen Zelle in die andere verfolgen. Nach vollendeter Zweitheilung löst sich der strangförmige Kern auf und

---

1) Untersuchungen über Plathelminthen, XIV. Jahresbdricht der Oberhess. [illegible] und Heilkunde 1873; Sep.-Abdr. p. 49.

ein bläschenförmiger, mit feinen Granulationen erfüllter Kern tritt wieder an die Stelle.

Diese Beobachtungen, schreibt Schneider, zeigen uns zum ersten Mal deutlich, welche umständliche Metamorphose der Kern (das Keimbläschen) bei der Zelltheilung eingehen kann.

In Fig. 5d, Taf. V, hat Schneider ganz richtig eine Kernspindel (die nur aus stäbchenförmigen Elementen aufgebaut erscheint) abgebildet, auch entspricht der vorgeschrittnere Zustand Fig. 5e Bildern, wie sie seitdem in Anzahl bekannt wurden.

Schneider beobachtete dieselbe Theilungsart der Kerne auch am entwickelten Thiere, neben ihr nimmt er aber auch eine solche an, bei welcher der Kern seine Gestalt beibehält.

Oellacher[1]) fasst die radiäre Anordnung des Protoplasma in den Furchungskugeln der Forelle bei der Zelltheilung, als Ausdruck einer Concentration des Protoplasma um den Kern oder das Kernhäufchen. Hat sich der Kern in zwei getheilt, so entstehen zwei Radiärsysteme, in deren Centrum die Kerne liegen. Die beiden Radiärsyteme rücken aus einander und werden die Centren der beiden neuen Furchungskugeln, deren Trennung dann bald erfolgt.

Schenk[2]) schildert Strahlen um die Kerne in Serpula-Eiern.

Fast gleichzeitig sah Flemming[3]) in den Furchungskugeln der Anodonten Doppelsonnen, die er für Anfänge neuer Kerne hielt. Er glaubte übrigens, der alte Zellkern werde aufgelöst.

In seiner ersten Abhandlung über Nematoden[4]) giebt Bütschli an, dass in den Eiern von Rhabditis dolichura der aus zweien hervorgegangene Zellkern sich streckt und citronenförmig wird. Die Vorsprünge an den Polen wachsen und umgeben sich mit Strahlen, während der mittlere Theil des Kernes schmäler wird und zu einem Faden schliesslich reducirt erscheint, der sich theilt und je eine knopfförmige Anschwellung an der innern Seite der neuen Kerne bildet. Während dem wird die Theilung des Eies in zwei Furchungskugeln vollendet, die Strahlen im Dotter schwinden und die Kerne erhalten wieder scharfe Contouren. Bütschli war in dieser Arbeit noch Anhänger der einfachen Einschnürung des Kerns. Die Bilder, die er giebt, sind durchaus den nach den

1) Berichte des naturwiss. medic. Vereins zu Innsbruck, Bd. IV, Jahrgang 1873.

2) Stzbr. der Akad. der Wiss. Wien, Dec. 1874.

3) Archiv für mikr. Anat. Bd. X, p. 258, 1874.

4) Nova Acta Bd. XXXVI, 1874, p. 101—104 und Taf. XXVI.

frischen Objecten von Hertwig und Fol gezeichneten ähnlich; er hielt die ganze helle und durchsichtige Substanz, welche den centralen Theil des Dotters einnimmt für Kernsubstanz [1]).

In dem zweiten Hefte seiner organologischen Studien [2]) giebt Auerbach bereits in den Vorbemerkungen an: „dass es in verschiedenen Fällen in der That mannigfache, nicht bloss formell, sondern wesentlich verschiedene Proceduren sind, welche die Vermehrung der Kerne vermitteln. Das Gemeinschaftliche ist nur das, dass innerhalb eines gegebenen protoplasmatischen Substrats die Vermehrung erfolgt". Ganz unzweifelhaft soll eine echte und „unantastbare" Selbsttheilung der Kerne existiren und eine hervorragende Rolle spielen; Auerbach selbst beschreibt aber eingehend in der genannten Abhandlung eine neue Art der Kernvermehrung, die er als die palingenetische bezeichnet, und die er an den nackten Zellkernen der Eier von Ascaris nigrovenosa und Strongylus auricularis verfolgt haben will. Der centrale hüllenlose Zellkern [3]) des noch einzelligen Eies wird in der Richtung der Längsaxe desselben spindelförmig und zeigt bei fortgesetzter Streckung eine Verminderung seiner Masse. Er erscheint bald nur als eine ganz enge Spalte im Protoplasma und diese verschwindet dann gänzlich. Doch noch während seiner Verlängerung ist an seinen beiden Enden eine grosse Anzahl radiärer, heller Strahlen in dem dunklen Dotter aufgetreten, sind gleichsam zwei blasse Sonnen entstanden, welche unter einander durch ein langes stabförmiges Zwischenstück in Verbindung stehen, das eine Zeit lang noch den erwähnten nucleären Spalt enthält [4]). Auerbach nennt diese Doppelsonne mit ihrem Verbindungsstiel „karyolytische Figur" und meint, dieselbe entstehe dadurch dass der Kern untergehe, dass während der Verlängerung und gleichzeitigen Volumenverminderung der Kernhöhle, allmälig der dieselbe erfüllende Kernsaft zwischen die Molecüle des benachbarten Protoplasmas eindringe und dabei die Dotterkörnchen aus diesem verdränge. Das Active bei dieser Erscheinung ist, nach Auerbach, jedenfalls nicht der Kern selbst, sondern das ihn umgebende Protoplasma, Um diese Zeit beginnt die Segmentirung des Dotterballens, die sich bei Strongylus auricularis dadurch anzeigt [5]), „dass die Dotter-

1) l. c. p. 208.
2) 1874.
3) Ueber dessen Entstehung vergl. bei Auerbach p. 202—217.
4) l. c. p. 218.
5) l. c. p. 222.

kügelchen sich sowohl von der Oberfläche des Dotterballens, als auch von einer mittleren Querebene in demselben etwas zurückziehen, so dass ringsherum ein klarer, protoplasmatischer Saum und ausserdem in der Mittelgegend ein blasser, querer, beiderseits in den Saum übergehender Streifen sichtbar wird". Hierdurch ist die Ebene für die bevorstehende Trennung des Protoplasmas verzeichnet.

Bei Ascaris nigrovenosa will Auerbach hingegen nur eine partielle, auf die Gegend der Furchungsrinne beschränkte Ausbildung des peripherischen Saumes beobachtet haben. Nun folgt die Einfurchung, die rasch fortschreitet und nach kurzer Zeit bis an den entgegengesetzten Rand gelangt, wenn sie nicht vorher einer von diesem kommenden, ähnlichen Einkerbung begegnet. Bemerkenswerth ist, dass die Dotterhaut an dieser Einsenkung keinen Antheil nimmt, und „dass die Einbuchtung sehr bald von einem schmalen Saume klaren, körnchenfreien Protoplasmas begrenzt ist, welcher auch die sich weiterhin vertiefende Einkerbung immer umfasst, an den Eiern von Strongylus auricularis aber in noch grösserer Ausdehnung vorhanden ist" [1]).

Kurz nachdem die Einfurchung aber begonnen, soll in dem Stiele der Doppelsonne (der karyolytischen Figur) an zwei der Furchungsebene nahen Punkten je eine Vacuole sich bilden. Diese Vacuolen nehmen nun an Grösse zu, rücken auseinander, und wenn die Durchfurchung vollendet ist, haben sie die Mitte ihrer Segmente eingenommen, ohne jedoch die Sonnen ganz zu erreichen [2]). Die Vacuolen geben sich als die jungen Kerne zu erkennen; die karyolytische Figur schrumpft dabei allmälig mehr und mehr zusammen, wobei der Körper der Sonne sich zu einem concavconvexen Meniscus oder einer Scheibe abflacht; diese schwindet zuletzt. Auerbach meint nun, dass in jeder entsprechenden Hälfte der karyolytischen Figur der in ihr diffus vertheilte Kernsaft, aus den Molecular-Interstitien des Protoplasmas sich herausziehend, wieder in einen Tropfen sich sammele und zum Kern des Segments gestalte [3]). Die Kerne sind, nach ihm, zunächst nur mit klarer Flüssigkeit erfüllte Höhlen im Protoplasma, nachträglich finden sich in ihnen aber Kernkörperchen ein, ein grösseres und zwei bis drei kleinere, sie treten nicht völlig gleichzeitig und

1) l. c. p. 223.
2) l. c. p. 224.
3) l. c. p. 226.

durchaus unabhängig von einander auf, als Kügelchen, die anfangs sehr blass, allmälig dunkler werden und dann noch an Grösse zunehmen [1]). Eine Hüllmembran erhalten die Kerne nicht.

Auerbach untersuchte nur das lebende Object, so dass die gewonnenen Resultate nur dasjenige aussagen, was er ohne Hilfe von Reagentien sehen und so deuten zu können glaubte.

Mittlerweile hat Bütschli, der wiederum die Eier verschiedener Nematoden, vornehmlich diejenigen von Cucullanus elegans, und auch zweier Schnecken untersuchte, noch andere Bilder für die Kernvermehrung gewonnen [2]). Zunächst schwand jede deutliche Grenze zwischen dem ehemaligen Kern und dem Dotter, wobei aber durchaus nicht ausgemacht war, dass die Kernmaterie sich wirklich mit dem umgebenden Protoplasma gemischt habe. „Nachdem nun bei Cucullanus elegans der Kern in ein Stadium der Unerkennbarkeit eingetreten ist" — „so sieht man in der Mittellinie des Dotters, die früher der Kern einnahm, einen spindelförmigen Körper liegen. Er ist deutlich längsfaserig, und in den frühesten Stadien seiner Erkennbarkeit liegt in jeder Faser im Aequator des Körpers ein dunkles, glänzendes Korn, so dass die Körner zusammen in der Ansicht auf die Enden des spindelförmigen Körpers einen Körnerkreis bilden." „Aus dem einfachen, äquatorialen Körnerkreis gehen zwei hervor, die in der Längsrichtung des Körpers nach dessen Enden zu auseinanderrücken, bis sie schliesslich nahe den Mittelpunkten der zukünftigen Furchungskugeln angelangt sind; dann ist gewöhnlich von den spitzzulaufenden Enden des ehemaligen spindelförmigen Körpers nichts mehr zu sehen, sondern man bemerkt nur die beiden Körnerkreise mit den sie verbindenden Fasern. Mittlerweile ist die Furchung des Dotters senkrecht zur Axe dieser Fasern nahezu vollendet. Wenn die Bildung der Kernchen beginnt, ist jede deutliche Spur der Körnchenkreise und Fasern verschwunden, ohne dass ich anzugeben wüsste", schreibt Bütschli, „was aus ihnen geworden ist."

Bütschli war geneigt, den spindelförmigen Körper aus dem Nucleolus des Keimbläschens hervorgehen zu lassen und in dessen Theilung somit die Theilung des Nucleolus zu erblicken. Was das Verhalten des Kerns anbetrifft, so schreibt er an einer andern

---

1) l. c. p. 205.

2) Vergl. die vorläufige Mittheilung in der Zeitschr. für wiss. Zoologie Bd. XXV, p. 211, 1875. Ausgegeben am 1. März.

Stelle: „Jedenfalls ist während des Theilungsvorgangs des Dotters jede deutliche Grenze zwischen dem ehemaligen Kern und dem Dotter verschwunden, wenn ich es auch bis jetzt keineswegs für ganz sicher ausgemacht halten kann, dass die Kernmaterie sich wirklich in das umgebende Protoplasma mischt, ebenso wie ich nach gewissen Anzeichen bis jetzt noch vermuthen muss, dass auch die Materie des ursprünglichen Keimbläschens bei seinem Verschwinden keine völlige Vermischung mit dem Protoplasma des Dotters erfährt."

Ein Aufsatz von Fol über die Entwickelung der Pteropoden [1]) enthält weitere, neue Angaben. Fol lässt den Zellkern schwinden und durch zwei Molecular-Sterne ersetzt werden, welche sich von einander entfernend den Dotter in zwei entgegengesetzten Richtungen fortreissen [2]). Er bemerkt, dass die neuen Attractionscentren an der Grenze des Zellkerns und des Protoplasma an zwei entgegengesetzten Punkten noch vor dem Schwinden des Kerns auftreten und dass von diesen Punkten aus, an lebenden Objecten sichtbare Strahlen ausgehen, welche rasch anwachsend die Substanz des Kernes durchsetzen. Der Kern soll in dem Augenblicke schwinden, wo sich diese Strahlen in seiner Mitte begegnen. Zusatz von Essigsäure macht hier den Kern noch vor seinem Schwinden unkenntlich, lässt dagegen jetzt schon zwei vollständige Sterne hervortreten [3]). Noch vor Beginn der Einschnürung wird nach Zusatz von Essigsäure eine Trennungslinie zwischen den beiden Sternen sichtbar; sie wird durch etwas grössere Körner als diejenigen des angrenzenden Protoplasma gebildet. Dann folgt die Einschnürung von der Peripherie aus, oberhalb der Stelle, wo früher der Zellkern lag. Die Furche trifft nicht senkrecht die ideale Verbindungslinie der beiden Anziehungscentren, vielmehr schräg. Die neuen Zellkerne zeigen sich erst nach vollendeter Theilung im Centrum der protoplasmatischen Partie jeder der beiden Zellen.

Folgten meine eigenen Untersuchungen in der ersten Auflage dieses Buches (1875). Die an pflanzlichen Zellen im Laufe des Jahres 1874 gewonnenen Resultate: die Bildung der Kernspindel aus dem Kern, die Theilung der Kernplatte, das Ausein-

1) Archive de Zool. expérim. etc. 1875, Tome IV.

2) l. c. p. 109.

3) l. c. p. 110 u. ff. In einer neusten Arbeit: Recherches sur la Fécondation 1879, setzt Fol die Gründe auseinander, welche diese letzte irrthümliche Angabe veranlasst haben.

anderweichen ihrer beiden Hälften, hatten mich nämlich veranlasst auch an thierischen Zellen vergleichende Beobachtungen anzustellen und ich führte dieselben im Frühjahr 1875 aus. Ich musste mich übrigens damit begnügen, das Vorhandensein von Kernspindeln und den pflanzlichen sonst ähnlichen Theilungsbildern in thierischen Zellen zu constatiren. Meine Aufgabe wurde mir alsbald erleichtert durch das Erscheinen der schon besprochenen vorläufigen Mittheilung von Bütschli. Auch trat ich in briefliche Beziehung zu demselben und erhielt gütigst Figuren zugesandt, die in der ersten Auflage dieses Buches zugleich mit den meinigen veröffentlicht wurden.

In einer fast gleichzeitig veröffentlichten Mittheilung spricht auch Bütschli [1]) die Ueberzeugung aus, dass die Entstehung des spindelförmigen Körpers auf eine Umwandlung des gesammten Kernes zurückzuführen sei. In den grossen Keimzellen der Spermatozoiden von Blatta germanica wurde der Vorgang von ihm besonders studirt. Der in Theilung eintretende Kern büsst seine scharf contourirte, dunkle Hülle und einen beträchtlichen Theil seines Saftes ein, so dass sich sein Volumen bedeutend verringert. Er geht in einen spindelförmigen Körper über, der aus einer äquatorialen Zone von dunklen, glänzenden Körnern und feinen von diesen nach den Enden des Körpers laufenden Fasern besteht. Der spindelförmige Körper dürfte eine sehr zarte Hülle besitzen. „Die äquatoriale Körnerzone theilt sich in zwei, die auseinanderrücken, bis sie schliesslich in den Enden des spindelförmigen Körpers anlangen, durch Fasern unter einander verbunden. Jetzt bemerkt man häufig recht deutlich radiäre Strahlung im Zellenplasma um die von den dunklen Körnermassen nunmehr erfüllten Enden des spindelförmigen Körpers: wie in den Eiern der Nematoden und Schnecken. In der Deutung dieser Strahlung schliesst sich Bütschli in „gewisser Weise" Auerbach an. Hierauf folgt die Einschnürung des Zellplasma. Der Kern streckt sich zu einem Bande, dessen Enden von den dunklen Körnern gebildet werden. Dieses Band hält bald nur noch allein die beiden Schwesterzellen zusammen. Um die Körnermassen der Kernenden bildet sich hierauf ein heller, von Flüssigkeit erfüllter Raum. Der mittlere Faserstrang wird schmächtiger. Die dunklen Körner bilden die Kernkörperchen. Der Faserstrang hält noch längere Zeit die beiden Schwesterzellen zusammen, wahrscheinlich

---

[1]) [Zeit]schrift für wiss. Zool. Bd. XXV, 1875. Ausgegeben Ende Juli.

wird er zuletzt in der Mitte zerlegt und in die zugehörigen Kerne eingezogen. Zu ähnlichem Ergebniss wie das geschilderte führten die Untersuchungen der Furchungskugeln von Schneckeneiern, Räderthiereiern, der Eier von Nephelis und der Blastodermzellen eines Schmetterlings.

In einem zweiten Aufsatz über die Entwicklung der Anodonten, beschreibt Flemming[1]), in der Mitte der Sterne je einen sich mit Carmin rosa färbenden, zwischen den beiden Sternen aber einen sich intensiver färbenden Körper, den er auch für einen Kernrest halten möchte und der später schwindet. Erst nach vollendeter Theilung sollen die Kerne wieder deutlich werden.

Eine wichtige Arbeit veröffentlichte hierauf O. Hertwig unter dem Titel: Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies[2]). Der dritte Abschnitt dieser Schrift ist ausschliesslich der Eifurchung gewidmet. Als Untersuchungsobject dienten die Eier eines Seeigels, des Toxopneustes lividus. O. Hertwig beginnt mit der Schilderung der Theilungsvorgänge am lebenden Ei. Das was er hier gesehen, stimmt im Wesentlichen mit dem von Auerbach für Ascaris und Strongylus-Eier Mitgetheilten überein. Um den Keimkern (Furchungskern Hertwig's)[3]) sammelt sich zunächst eine homogene körnchenfreie Substanz an, während gleichzeitig dieser Kern kleine Gestaltsänderungen erleidet. Diese führen zu einer bleibenden Verlängerung desselben. An seinen beiden Polen sammelt sich allmälig völlig homogene Substanz an und bildet um dieselben einen zunächst kleinen Hof. In der Umgebung des Hofes ordnen sich die Dotterkörnchen in Radien an, die auf die Kernpole als gemeinsames Centrum gerichtet sind. Es handelt sich hier nach Hertwig um eine Kraftwirkung, welche vom Kern ausgeübt wird und die sich in einer Anziehung des homogenen Protoplasmas äussert. So entstehen im Ei zwei kleine Sonnen, zwischen welchen der Kern als Verbindungsstück mitten innen liegt. An den beiden Polen sind die Contouren des Kerns undeutlich geworden. Wenn die beiden Sonnen den Kern an Grösse bedeutend übertreffen, dann tritt endlich ein Stadium ein, wo der letztere sich vollständig der Beobachtung am lebenden Objecte entzieht. Jetzt hängen die beiden Sonnen durch einen schmalen körnchenfreien Streifen zu-

1) Stzbr. der k. Akad. der Wiss. Wien. Bd. LXXI, 1875.

2) Morphologisches Jahrbuch Bd. I, 3. Lief. Decbr. 1875 auch separat ausgegeben.

3) l. c. p. 54 u. ff. des Sep.-Aber.

sammen. Dieser Streifen soll bügelförmig gekrümmt sein. Die Strahlen der Sonnen erreichen einerseits fast die Eioberfläche, andererseits endigen sie in der zukünftigen Theilungsebene. Wir sehen jetzt im Ei die „hantelförmige Figur" Auerbach's liegen. Interessant ist, dass zur Zeit, wo der Kern sich zu strecken und an seinen Polen sich eine körnchenfreie Stelle zu bilden beginnt, das Ei seine ursprüngliche glatte Begrenzung verliert: es wird höckerig. Dies hängt jedenfalls mit den inneren Umlagerungen der Protoplasmatheile zusammen. Wenn die Hantelfigur sich auszubilden beginnt, nimmt das Ei auch nach und nach wieder seine ursprüngliche runde Form mit glatter Oberfläche an. Ist die hantelförmige Figur ausgebildet worden, so beginnt sich das Ei in der Richtung derselben zu strecken. Bald darauf sieht man in der Theilungsebene eine ringförmige Einschnürung entstehen, die immer tiefer bis zur völligen Trennung der beiden Schwesterzellen einschneidet. Die beiden Theile der hantelförmigen Figur rücken, je mehr die Furche einschneidet, um so weiter auseinander; die Endkugeln verwandeln sich hierbei in je eine nach der Theilungsebene hin concav gekrümmte dicke Scheibe, die mit der entgegengesetzten Scheibe noch durch den jetzt sehr in die Länge gezogenen Stiel zusammenhängt.

Kurz vor oder unmittelbar nach der Durchschneidung sieht man in einiger Entfernung von der Theilungsebene in dem Verbindungsstiel plötzlich je eine helle, kleine Stelle auftauchen. Sie rundet sich ab und nimmt langsam an Grösse zu, sie ist der Kern der Tochterzelle. Jetzt verliert sich die strahlenartige Anordnung der Dotterkörnchen, dann verschwindet der Stiel der hellen Figur; der Kern entfernt sich mehr von der Durchschnittsebene und wandert zum Theil in die helle Scheibe hinein. Dieselbe bleibt am längsten bestehen, schwindet aber auch endlich bis auf einen kleinen Hof an zwei Seiten des Kerns.

Für die Vorgänge der Kerntheilung waren am frischen Seeigel-Ei directe Momente nicht zu gewinnen. O. Hertwig behandelte hierauf die Seeigel-Eier mit Osmiumsäure oder Chromsäure und Beale'schem Carmin und erhielt so sehr instructive Präparate. Die Osmium-Carmin-Präparate zeigten zunächst den Kerninhalt homogen geronnen. In Eiern die eine Viertelstunde später abgetödtet wurden, erschien der Zellkern spindelförmig. „Die Spitze der Spindel, welche leicht umgekrümmt ist, nimmt gerade die Mitte der körnchenfreien Stelle ein und tritt als ein besonders deutlich erkennbares, dunkel geronnenes Korn hervor." Dann lässt der verdickte,

mittlere Theil der Spindel eine Anzahl dunkler geronnener, in Carmin stärker gefärbter Fäden oder Stäbchen erkennen, die zu einer Scheibe angeordnet sind: Hertwig's mittlere Verdichtungszone. Es lässt sich deren Bildung auf einen Sonderungsvorgang in der Kernmasse zurückführen, ähnlich der Entstehung der Nucleoli. Zu der Zeit wo an lebenden Objecten die hantelförmige Figur zu sehen ist, zeigen die abgetödteten Eier in der Mitte einen langen bandförmig aussehenden Körper, der sich mit Carmin ein wenig stärker als seine Umgebung färbt. Das Band soll nach Art eines Bügels leicht gekrümmt sein. Seine Enden reichen bis in die Mitte der beiden Sonnen und enden hier als dunkle, scharf begrenzte Streifen. In einiger Entfernung von seinen Enden zeigt das Band je einen verdickten und dunkler gefärbten Abschnitt, der aus ebensolchen Stäbchen, wie die frühere „mittlere Verdichtungszone" besteht. Auch diese Stäbchen bilden bei senkrechter Ansicht je einen Körnerkreis. Hertwig nennt sie die seitlichen Verdichtungszonen des Kernbandes. Mittelstück und Endstück des Bandes erscheinen an Osmium-Carmin-Präperaten homogen und schwach geröthet, und hie und da glaubte Hertwig an ihnen eine zarte Streifung wahrzunehmen. Das Mittelstück sollte zuweilen eine Einschnürung zeigen. Unter einer grösseren Anzahl von Präparaten findet man auch solche, welche zwischen dem eben und dem vor ihm beschriebenen Stadium einen Uebergang vermitteln, indem die seitlichen Verdichtungszonen des Kernbandes näher beisammen liegen. Hertwig nimmt an, dass sie aus der mittleren Verdichtungszone entstanden sind. Jede seitliche Verdichtungszone wandert im Kernbande von der Mitte nach den Kernenden zu, ohne dieselben indessen vollkommen zu erreichen. An halb eingeschnürten Eiern hat sich das Kernband verlängert, die beiden seitlichen Verdichtungszonen sind weiter auseinander gerückt und haben ihre streifige Differenzirung eingebüsst. An Stelle der Stäbchen erblickt man grössere oder kleinere Körner und aus Verschmelzung derselben entstandene Tropfen, an andern Präparaten nur noch eine zusammenhängende, dunkel geröthete Masse mit höckeriger Oberfläche. Besonders lehrreich soll jetzt eine seitliche Ansicht des Bandes sein: „Die zu einer homogenen Masse verschmolzenen Stäbchen der Verdichtungszone bilden am Uebergange des Stiels in den Hantelkopf eine spindelförmige Anschwellung; dieselbe verlängert sich peripherisch in einen feinen Fortsatz, der oft nach einer Seite gekrümmt ist und in der Mitte der körnchenfreien Figur mit einer kleinen Anschwellung endet.

Median hängen die beiden Spindeln durch eine feine, dunkle Linie zusammen.“ „Nach der vollendeten Theilung sieht man die spindelförmige Anschwellung sich mehr und mehr verdicken und endlich Kugelgestalt annehmen, die Fortsätze dagegen kürzer werden und verschwinden. So entsteht der runde Kern der Tochterzelle in dem als seitliche Verdichtungszone bezeichneten Abschnitt des Kernbandes.“

Die Chrom-Carmin-Präparate lassen besonders deutlich die Körnchenstrahlen um die hellen Stellen erkennen, dieselben erscheinen in Folge der eintretenden Gerinnung und Verklebung der aneinandergereihten Körnchen, als zum Ende der Spindel radial gestellte dunkle Fäden. In dem Mittelstück des Bandes lassen sich an den Chrom-Carmin-Präparaten feine, die Stäbchen der seitlichen Verdichtungszonen verbindende Streifen unterscheiden.

T. v. Ewetsky[1]) untersuchte die regenerative Neubildung des Endothels der Descemet'schen Haut. Unter den proliferirenden Zellen werden, vom fünften Tage an, mehrfach merkwürdige Formen gefunden, die in ihrem Kerne einige oder sehr viel längliche, glänzende, stab- oder fadenförmige, häufig gewundene und geschlängelte Körper enthielten. Aehnliche Gebilde finden sich auch in kernlosen Zellen und sind in diesen manchmal in zwei Gruppen getheilt die sich mehr und mehr von einander entfernen und durch je eine Halbkugel gebildet werden. Auf feinen in die vordere Augenkammer eingeführte Glas- oder Glimmerplättchen werden unter anderen grosse Riesenzellen mit einer grossen Zahl, bis 50, Kernen erwähnt. Eine Kerntheilung und Sprossung wurde an ihnen nicht beobachtet, so dass sie wahrscheinlich nicht durch Wucherung, sondern durch Zusammenfliessen entstanden sind.

Folgten W. Mayzel's vorläufige Mittheilungen „über eigenthümliche Vorgänge bei der Theilung der Kerne in Epithelialzellen[2])“. Die Präparate an denen Mayzel seine Beobachtungen anstellte, stammten vorzugsweise von der Hornhaut und der Hautdecke des Frosches, zum Theil auch von der Hornhaut des Kaninchens und der Katze. Das künstlich zerstörte Epithel war an den betreffenden Objecten bereits theilweise oder auch total regenerirt. Ausserdem beobachtete Mayzel dieselben Bildungen auch

1) Unters. aus dem path. Inst. zu Zürich, 3. Heft 1875. Nach dem Jahresbericht von Schwalbe, Bd. IV, p. 59, 60 mitgetheilt.

2) Centralblatt für die med. Wiss. 20. Nov. 1875, Nr. 50.

an ganz normalen Hornhäuten des Frosches, jedoch nur an der Peripherie und in einer vergleichsweise nur sehr spärlichen Anzahl von Zellen. Am zweckmässigsten erwies sich die zweiprocentige Chromsäurelösung bei der Behandlung dieser Präparate.

In dem Randtheile des Epithelialdefectes, in welchem der Regenerationsprocess am lebhaftesten vor sich geht, soll derselbe durch freie Kern- respective Zellbildung erfolgen, hier waren keine in Theilung begriffenen Kerne zu beobachten, solche vielmehr erst inmitten der bereits völlig regenerirten Zellschichten. Die sich theilenden Zellen zeichnen sich durch ihre bedeutende Grösse, mehr abgerundeten Contouren, grössere Durchsichtigkeit ihrer Substanz und insbesondere durch das eigenthümliche Aussehen ihrer Kerne aus. Als besonders charakteristisch hebe ich hervor: die spindelförmig verlängerten, mehr oder weniger an ihren Enden zugespitzten Kerne, zart in der Richtung der Längsaxe gefasert und quer durchsetzt von einer continuirlichen oder aus einzelnen Körnern gebildeten Scheibe. In manchen Fällen war diese Scheibe verdoppelt. Dann Kerne von mehr ovaler Form, die an den beiden zugespitzten Enden aus zwei kleinen, schaalenförmigen, mit ihren Hohlflächen einander zugekehrten Gebilden bestehen. Von der einen Hohlfläche zur andern verlaufen Fäden. Die äquatoriale Querscheibe fehlt. Die Fäden werden in der Mitte durchrissen, schwinden und die Kernanlagen erscheinen dann zusammengesetzt aus mosaikartig an einander gelagerten Stäbchen, oder sind ganz homogen. Weiterhin werden sie zu rundlichen Gebilden, bekommen endlich im Innern eine Höhlung, in welcher Kernkörperchen auftreten. Während des Auseinanderrückens der beiden Kernscheiben hat sich die Zelle in gleicher Richtung verlängert und schnürt sich zwischen ihnen ein. Nach beendigter Theilung liegen die sonst abgerundeten Zellen mit platten Flächen an; auch ihre Kerne sind der Theilungsfläche anfangs stark genähert und scheinen zuweilen mittelst feiner Fäden noch in Verbindung zu stehen. Schliesslich entfernen sich die Kerne von einander, die Zellen nehmen polygonale Gestalt an und lassen sich von ihren Nachbarn nicht mehr unterscheiden.

E. van Beneden [1]) findet in den Blastodermzellen des Kaninchens, dass der zur Theilung sich anschickende Zellkern zunächst unsichere Contouren und unregelmässige Gestalt erhält

---

1) Bulletins de l'Acad. royale de Belgique 2me sér. T. XL, Nr. 12, 1875.

und seine Nucleolen verliert. Seine Substanz theilt sich hierauf in zwei Theile: einen klaren durchsichtigen, der sich weder mit Carmin noch mit Haematoxylin färbt und welcher Kernsaft ist, und einen zwar auch homogenen, doch sich intensiv färbenden, unregelmässige Körnelung in der Mitte des Kerns bildenden, welcher die Kernessenz darstellt. Der Kernsaft sammelt sich an den beiden Polen des alten Kerns, die Kernessenz bildet die Kernplatte. Streifung von dieser aus nach den Polen war nicht zu constatiren. Die Zelle streckt sich gleichzeitig und wird körniger. Der Zellkern wird spindelförmig, dann bandförmig. An seinen Polen sammelt sich, im Körper der Zelle, eine helle, sehr feinkörnige Substanz. Diese Ansammlung wird zum Mittelpunkt einer Sonne, welche augenscheinlich den Einfluss der Kernpole auf die protoplasmatische Substanz der Zelle anzeigt. Die Kernplatte theilt sich hierauf in zwei solche, die durch einige Kernfäden verbunden bleiben. Diese scheinen von den Körnern der Kernplatte abzustammen und werden bald eingezogen. Der Kern nimmt die Gestalt eines Bandes mit parallelen Rändern an. Zwischen die beiden Kernplattenhälften tritt der zuvor an den Polen angesammelte Kernsaft und färbt sich mit Picrocarmin schwach rosa. Die Kernplattenhälften erreichen endlich die Enden des Kernbandes und kommen in Berührung mit der hellen Ansammlung in der Mitte der Sonnen. Die Zelle beginnt sich jetzt einzuschnüren. Diese Einschnürung durchsetzt nur das Protoplasma der Zelle, nicht aber das helle Band, den Rest des alten Kerns. Es bildet sich vielmehr in der Mitte dieses Bandes, der Theilungsebene entsprechend, eine Differenzirung der Substanz aus. Salpetersaures Silberoxyd lässt dort schwarze, immer zahlreicher werdende Punkte erkennen. Diese Punkte reihen sich an einander und bilden so die Trennungsschicht der beiden werdenden Zellen.

L. Ranvier [1]) giebt für die Zellen der Lymphe Vermehrung der Kerne durch Knospung an. Die Nucleolen sollen sich verlängern und theilen, ebenso die Kerne; jede der am Kern gebildeten Knospen erhält ein Kernkörperchen und trennt sich hierauf von dem Mutterkern. In den weissen Blutkörperchen des Axolotl ist der Kern wurstförmig und zeigt Knospen in grösserer oder geringerer Zahl. Die Bildung derselben erfolgt unter den Augen des Beobachters. Der Kern schnürt sich an einer Stelle ein, die eingeschnürte Stelle wird zum Stiel. Der Stiel wird durchrissen,

---

1) Traité technique d'Histologie 1875, p. 160.

oder er schwillt auch wieder an und die Knospe geht wieder in dem Mutterkern auf. Alle Knospen können auf diese Weise schwinden und bald durch andere ersetzt werden. Wenn eine Lymphzelle zwei Kerne besitzt und amoeboide Bewegungen ausführt, scheint es, als wenn jeder Kern die Bewegung eines bestimmten Theiles des Protoplasmas beherrschen möchte. Das Plasma sucht sich in zwei Theile zu trennen, welche alsbald nur noch durch einen Faden zusammenhängen. Dieser wird schliesslich durchrissen. Die Kerne sollen, an den sich verengenden Stellen, Falten erhalten und aus diesen schliesst Ranvier auf eine active Thätigkeit des Plasma bei der Knospung; dasselbe drücke auf die Kernmasse wie ein Ring auf einen Sack.

In dem mit Chromsäure gehärteten Blastoderm der Haie hat F. M. Balfour[1]) Kernspindeln mit Kernplatte beschrieben und abgebildet. An den beiden Polen der Spindel war eine Strahlung in das umgebende Protoplasma zu bemerken. Hierauf stellte sich in der Zelle eine Trennungslinie ein, die mitten zwischen den beiden, die Spindel bildenden Kegeln hindurchgehen sollte. In beiden Kegeln glaubte Balfour einen runden, gefärbten Körper zu bemerken, der vielleicht je ein Anfang der neuen Kerne war.

Auerbach vertheidigt in dem medicinischen Centralblatte[2]) seine früheren Ansichten. Die längsstreifigen Spindeln sollen nur die Mitteltheile der karyolytischen Figur, ein Product der Vermischung der eigentlichen Kernsubstanz mit dem umgebenden Protoplasma sein. Sie sollen auch grösstentheils in dem protoplasmatischen Zellleibe wieder aufgehen, während die neuen Kerne nicht durch Theilung eines Mutterkerns, sondern an den Polen der Spindel durch Ansammlung einer vorher vertheilt gewesenen Substanz entstehen.

In einem zweiten Aufsatze[3]) vertritt Auerbach dieselbe Auffassung und kritisirt einige meiner Angaben, wobei er mir mit Recht vorwirft, bei Phaseolus das Kernkörperchen für den Kern gehalten zu haben. Vor Allem hebt Auerbach auch wieder hervor, dass der Zellkern nur eine mit Zellensaft erfüllte Vacuole im Protoplasma sei. Bei jeder Theilung gehe der alte Kern, durch Diffusion des Kernsaftes in das umgebende Plasma, zu Grunde und hierauf folge erst die Neubildung zweier Kerne.

1) Journal of Anatomy and Physiology Vol. X, p. 394 u. ff. 1876.
2) 1876 Nr. 1.
3) Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen Bd. II, Heft I, 1876.

In der zweiten Auflage meines Zellenbuches[1]) blieb ich bei meiner ersten Auffassung der Zelltheilung. In dem Abschnitt über Zellbildung und Zelltheilung im Thierreich wurden meine älteren Angaben zum Theil corrigirt, die Figuren der ersten Auflage durch andere ersetzt.

Dem allgemeinen Abschnitte der „Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung und die Conjugation der Infusorien von Bütschli"[2]), entnehmen wir einige wichtige Angaben. Zunächst hebt Bütschli hervor, dass der Kern der Furchungskugel bei seinem Uebergang in die spindelförmige Modification im lebenden Ei gewöhnlich so undeutlich wird, dass man ihn nicht sieht. Dies wird verursacht durch das Schwinden der Kernhülle, durch eine gleichmässige Vertheilung des Kerninhalts und dadurch, dass der Kern an Helligkeit abnimmt. Letztere Erscheinung wird durch einen Verlust an Flüssigkeit herbeigeführt, und zieht gleichzeitig nach sich eine Abnahme des Gesammtvolumens des Kerns bei seinem Uebergang in den spindelförmigen Zustand. Die Flüssigkeit (Kernsaft) soll an den beiden Polen des Kerns austreten und so hier die Bildung der beiden Strahlensysteme und hellen Höfe veranlassen. Die Kernplattenelemente sind Substanzanhäufungen im Aequator der Kernfasern. Nach der Theilung der Kernplatte gehen deren beide Hälften aus einander und zwar indem sie, wie Bütschli meint, innerhalb der vorhandenen Kernfasern nach den Polen rücken. Die Hälften der Kernplatten sind alsbald in die Enden der Kernspindel gelangt. Im Aequator der Fasern soll in seltenen Fällen (bei Nephelis und den Schnecken) ähnlich wie in pflanzlichen Zellen die Andeutung einer Zellplatte zu beobachten sein. Doch zeigte keines der untersuchten Objecte ein Verhalten ähnlich wie bei den Pflanzen, bezüglich der grossen Ausbreitung der Verbindungsfäden und einer etwaigen Betheiligung derselben an der Herstellung einer Hautschicht. Gewöhnlich wird der Strang der Verbindungsfäden bei fortschreitender Theilung eingeschnürt und schliesslich zerrissen, worauf seine beiden Hälften von den Tochterkernen aufgenommen werden. Der Verbindungsstrang der sich theilenden Infusorien-Nuclei ist in seiner Mitte häufig angeschwollen, was an eine Art von Zellplatte erinnert.

Die Differenzirung der Tochterkerne erfolgt durch Verschmel-

---

1) 1876.

2) Abh. der Senckenb. naturf. Ges. Bd. X, 1876.

zung der Kernplattenelemente, und zwar können diese sich zu einem einzigen Körper gleich vereinigen oder zunächst zu mehreren, von welchen dann jeder für sich zu einem bläschenförmigen Kern sich differenzirt. Diese vereinigen sich schliesslich zu einem einzigen. Die Differenzirung der homogenen Kernplattenhälften erfolgt durch Aushöhlung derselben. Je mehr ein Tochterkern wächst, um so mehr wird der Centralhof des ihm anliegenden Radiensystems verkleinert und der Kern rückt an die Stelle des letzteren. Die Centralhöfe liefern also jedenfalls das Material zum Wachsthum der Kerne.

Das erste Auftreten der Theilung des Zellleibes fällt in die Zeit etwa der Theilung der Kernplatte. Die Strahlensysteme haben dann ihre grösste Ausdehnung erreicht und stossen in der zukünftigen Theilungsebene auf einander.

Bobretzky[1]) sah während seiner Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Gastropoden, bei der Furchung von Nassa mutabilis, die Bildung der Sonnen den Veränderungen am Kern vorausgehen. Die von den Centren der Sonnen ausgehenden Strahlen sollen sich auch in's Innere des Kerns fortsetzen und dort zusammentreffen. Die Fasern der Spindel hält er für dieselben Bildungen wie die Strahlen an den Sonnen, entstanden aus aneinandergereihten Körnchen. Die Entstehung der Spindel ist nicht auf eine Umwandlung des Kerns zurückzuführen. Derselbe wird aufgelöst. Die äquatoriale Körnerzone der Spindel scheint aus zwei sich nähernden und in der Mitte des aufgelösten Kerns zusammenstossenden Körnerreihen zu entstehen. Die jungen Kerne sind durch feine, körnige Linien verbunden, welche wohl demjenigen Curvensystem entsprechen, das die Mittelpunkte beider Sterne verband. Die Kerne scheinen sich in den centralen hellen Flecken der Sterne aus einer Anhäufung sehr kleiner Bläschen zu bilden.

Das Ei lässt einen hellen Bildungspol unterscheiden. An dem verlängerten Ei wird alsbald eine quere Furche bemerklich, welche einen oberen, halb aus dem hellen Bildungsdotter bestehenden Theil von einem unteren, grösseren, ganz und gar aus tiefbraunem Nahrungsdotter zusammengesetzten abgrenzt. In dem oberen kleineren Abschnitte sind jetzt die beiden Sonnen nachzuweisen. Diese obere kleinere Halbkugel beginnt sich hierauf zu theilen, senkrecht zu der vorhandenen queren Einschnürung, durch eine

1) Archiv f. mikr. Anat. Bd XIII, 1877, p. 95. (1 Heft, herausgegeben im Juli 1876.

Rinne, die sich um den freien Theil der Halbkugel zieht. Beide Furchen, die horizontale und die verticale, fahren fort, sich immer mehr zu vertiefen, so dass das Ei endlich in drei ganz abgetrennte Kugeln zerfällt. Die beiden oberen besitzen je einen Kern; in der grossen unteren ist ein solcher nicht nachzuweisen. Sehr bald fliesst übrigens die eine der kleinen Kugeln mit der grossen, an die sie sich anlegt, wieder zusammen.

Fol [1]) referirt in einer vorläufigen Mittheilung über seine Untersuchungen der Eifurchung bei Heteropoden, Seeigeln und bei Sagitta. Es zeigen sich zunächst an den beiden Polen des noch intacten Kernes Attractionscentren, sie scheinen durch locale Fusion der Kernsubstanz mit der Dottersubstanz, oder durch Eindringen von Protoplasma in das flüssige Innere des Kernes zu entstehen. Nach diesen beiden kleinen Plasmaansammlungen laufen alsbald Plasmastrahlen, die einen im Innern des Kerns, von dem einen Attractionscentrum zum andern: die andern im umgebenden Dotter. Die Kernfasern sind also nach Fol nichts anderes als die Dotterstrahlen. Die kleinen Körner oder Stäbchen, welche in halber Länge der intranuclearen Fasern auftreten, sah Fol nie zu einer Platte vereinigt. Diese Verdickungen sind auch nicht den intranuclearen Fäden allein eigen, sie lassen sich bei Geryoniden und Seeigeln auch an den extranuclearen nachweisen; nur sind sie da länglicher und unregelmässiger ausgebildet. Auch bewegen sie sich, schreibt Fol, nach den Plasmacentren, so wie dies von andern Forschern für die intranuclearen Verdickungen behauptet wird. Die an den Polen gebildeten Plasmaansammlungen sind somit weder durch ihre Entstehung noch durch ihr Wachsthum ein ausschliessliches Product des alten Kerns; sie sind vielmehr das Resultat der Verschmelzung eines Theiles der Kernsubstanz mit einem Theile des Protoplasmas des Vitellus. Die Plasmaansammlungen bilden, nachdem sie den grössten Theil der radiären Fäden und deren Verdickungen aufgenommen haben, hellere und wahrscheinlich flüssigere Flecke. Der neue Kern ist das Resultat der Verschmelzung dieser Flecke oder Vacuolen; was von der centralen Ansammlung noch übrig bleibt, bildet die Kernhülle.

Die Zellen der Dicyemiden-Keime theilen sich nach van Beneden [2]) sehr ähnlich den pflanzlichen Zellen. Die in Theilung

1) Comptes rendus T. LXXXIII, p. 667, Oct. 1876.

2) Bull. de l'Acad. royale de Belg. 2me ser. T. XLI, Nr. 6 et T. XLII, Nr. 7, 1876.

eintretende einzellige Anlage wird körnig und trübe. Ihr Kern wird grösser, weniger durchsichtig und verliert sein Kernkörperchen. Dann bildet sich eine scharfe Streifung an der Oberfläche des Kernes aus. Die Streifen sind wie Meridiane gerichtet, sie convergiren nach den Polen. Der Kern nimmt hierbei so an Grösse zu, dass der protoplasmatische Körper der Zelle auf eine dünne Schicht körniger Substanz reducirt erscheint. Der Kern muss also auf Kosten des Zellplasmas wachsen. An den beiden Polen des Kerns wird hierauf ein stark lichtbrechendes Körperchen sichtbar, um welches sich feine Körnchen ansammeln. Die beiden Pole werden zu Scheiben, in welchen sich die feinen, wie Meridiane laufenden Fasern verlieren. Die Scheiben werden stärker lichtbrechend und deutlicher, die Fibrillen weniger deutlich, als wenn deren Substanz nach den Polen angezogen würde. Vielleicht, meint van Beneden, bilden sich die beiden Polarzonen in Folge der Theilung und des Auseinanderweichens der beiden Hälften einer äquatorialen Platte, doch sah er die Platte und deren Auseinanderrücken nicht, wohl aber manchmal eine schwache Verdickung der Fibrillen in der Nähe des Aequators.

Das Bild Fig. 28 Taf. I l. c. (Zustand links), scheint mir in der That eine Kernspindel mit Kernplatte zu zeigen und die Schilderung van Beneden's spricht sehr dafür, dass die Verdichtung an den Polen erst auf die Theilung der Kernplatte und die Wanderung der Theilhälften nach den Polen folgt.

Der Keim ist inzwischen ellipsoidisch geworden, der Kern ebenso; die Kernpole haben sich zu zwei starklichtbrechenden Scheiben oder Ellipsoiden condensirt, an denselben ist im Körper der Zelle eine helle Substanz angesammelt, von der manchmal radiale Streifen ausgehen. In halber Entfernung von den beiden Polarmassen erscheint im ganzen Querschnitt des Kerns eine körnige, dunkle, äquatoriale Platte, die Zellplatte, deren Vorhandensein van Beneden früher schon in den sich theilenden Zellen des Ectoderms der Mammiferen nachgewiesen hatte. Hierauf schnürt sich der Körper der Zelle bis zur Zellplatte ein, die Zellplatte theilt sich und die beiden halbkugeligen Zellen bleiben in Verbindung durch den Theil ihrer Oberfläche, der aus der Theilung der Zellplatte entstanden ist. Die jungen Kerne wachsen durch Aufnahme der hellen Substanz, die sich um dieselben ansammelte; gleichzeitig werden sie weniger lichtbrechend und bekommen regelmässigere Umrisse; sie werden central und erhalten ein

Kernkörperchen, während die letzte Spur des hellen und gestreiften Theiles des alten Kerns schwindet.

In einer zweiten Arbeit über Mollusken, welche die Heteropoden behandelt, lässt Fol[1]) den primären Eikern schwinden, so dass nur eine sphärische Plasmamasse die Mitte des Vitellus einnimmt. Der grösste Theil, doch nicht die Gesammtmasse dieser centralen Ansammlung, umgiebt sich mit einer Membran und wird zu einem centralen Kern. An den beiden Polen dieses Kerns bilden sich alsbald zwei Attractionscentren aus, von denen allseitig Strahlen entspringen; die stärksten sind diejenigen, welche von einem Pol zum andern im Innern des Kerns laufen. Die Abgrenzung des Kerns schwindet und die beiden Sterne entfernen sich von einander. Während dem zeigt sich der spindelförmige Körper, der nur die centrale Partie des vorhandenen Kernes ist. Die Fasern sind nur Streifen im Protoplasma.

Einer der beiden Sterne nähert sich dem einen Pole des Eies und liefert den ersten Richtungskörper. Der im Dotter verbliebene Stern theilt sich von neuem, ohne die Gestalt des Nucleus angenommen zu haben. Es tritt die Spindel wieder auf und ein zweiter Richtungskörper wird wie der erste gebildet. Der Kern, sagt Fol, schwindet vor jeder Segmentation, er verschmilzt zwei Mal mit dem umgebenden Plasma und individualisirt sich zwei Mal vor der ersten Segmentation. Hierauf schwindet der Zellkern wieder, um zwei neuen Attractionscentren Platz zu machen, in bekannter Weise erfolgt hierauf die erste Segmentation. Die Kerne tauchen in den beiden Furchungskugeln wieder auf.

Weitere Untersuchungen über Kerntheilung veröffentlichte Mayzel[illegible]). Er beobachtete in dem Hornhautepithel von jungen und erwachsenen Hunden, Sperlingen, Eulen, Tritonen und Fröschen, in der Epidermis von transplantirten Hautstücken, in einem Lappencancroid und im Epithel des Oesophagus vom Menschen, im Endothel der Descemet'schen Haut und in den Zellen der Hornhautsubstanz beim Frosche, in Knochenmarkzellen vom Meerschweinchen und in den Spermatozoidenkeimzellen von Blatta, endlich im Hornhautepithel eines ganz frisch nach dem Tode untersuchten Affen Macacus und im Hyalinknorpel vom Kalb, ähnliche Bilder, wie er sie früher in dem Hornhautepithel und der

[illegible] de Zool. expér. et gen. T. V, 1876. Sep.-Abdr. p. 8.
[illegible] lekarska Nr. 27, 1876 und Protokolle der Sections-Sitzung der [illegible] russ. Naturf. u. Aerzte in Warschau 1876. Vergl. Schwalbe's [illegible] V, p. [illegible]. Diesem das Folgende fast wörtlich entnommen.

Epidermis des Frosches, Kaninchens und der Katze beschrieben hatte. Mayzel unterscheidet besonders zwei Formen der in Theilung begriffenen Kerne. Die eine Form, vornehmlich im Endothel der Froschhornhaut beobachtet, erscheint als Spindel mit Kernplatte und zahlreichen, nach den Spindelpolen convergirenden Fasern. Die Kernplatte besteht aus Körnern und Stäbchen, welche nur in den Keimzellen der Spermatozoiden von Blatta als Verdickungen der Kernfasern sich darstellen, während sie in den übrigen beobachteten Kernen in einzelnen Fällen einen die Kernspindel umkreisenden Ring bilden und mithin mit den Kernfasern in keiner Verbindung stehen. Im Hornhautepithel des Triton findet sich fast keine Spur der Kernscheibe. Die andere Kernform, vornehmlich im Endothel der Froschhornhaut und im Hornhautepithel des Kaninchen, fand Mayzel bisquitförmig oder in Gestalt eines aus Fasern zusammengesetzten Stundenglases. Der den Kern umschliessende Zellkörper hat gleichzeitig entweder noch seine ursprüngliche Gestalt bewahrt, oder zeigt bereits in der Mitte den Beginn einer Einschnürung, oder endlich, anstatt der Einschnürung, eine die Zelle theilende, neue äquatoriale Scheidewand wie durch das Zusammenfliessen einer Reihe kleiner Interstitien oder Vacuolen, die ihrer Lage nach der sich neu bildenden Scheidewand entsprechen und, wie es scheint, mit Kittsubstanz erfüllt sind.

Die um die sich theilenden Kerne nach Einwirkung von Reagentien bemerkbare helle Zone entsteht, wie Mayzel meint, künstlich; im frischen Zustande ist sie nicht vorhanden.

Eine simultane Theilung der Kerne in mehr als zwei Theile hat Verfasser nie sehen können.

In keinem Theilungsstadium konnte Verfasser um die Kernpole eine radiäre Anordnung der Protoplasmakörnchen bemerken.

In den Epithelialzellen des Eierstocks der Larve des Orthopteren, Stenobothrus pratorum fand Balbiani[1]) viele Zellen in Theilung. Der Kern der genannten Zellen ist im frischen Zustande ohne Nucleolus, mit blassen, zu einander parallelen oder unregelmässig vertheilten Körperchen versehen; diese erscheinen bei Essigsäurezusatz als Stäbchen, die aus kleinen, reihenweise nebeneinander liegenden Kügelchen bestehen. Vor jeder Thei-

---

1) Gaz. médic. de Paris 1876, p. 565 und Comptes rendus Bd. LXXXIII, 1876, p. 831.

lung nehmen die Zellen an Volumen zu und runden sich ab, die Stäbchen im Kern werden weniger zahlreich, doch dicker; sie krümmen sich hin und her, ordnen sich aber alsbald in dem sich streckenden Kerne zu einem, der grossen Axe des Kerns parallelen Bündel an. Im Aequator werden die Stäbchen hierauf eingeschnürt und die entstandenen beiden kleinen Bündel wandern aus einander, durch Fäden verbunden bleibend. Die Stäbchen jedes Bündels verschmelzen hierauf an ihrer Polseite, divergiren an der entgegengesetzten, hier gleichsam Zähne bildend. Jetzt beginnt sich auch die Zelle zu theilen. Sie schnürt sich ein und durchschneidet die Verbindungsfäden im Aequator. Die Verbindungsfäden werden hierauf in die Stäbchen eingezogen. Diese sind inzwischen ganz verschmolzen. In der homogenen Masse treten dann einige Vacuolen auf, während eine Membran an der Peripherie sichtbar wird. Schliesslich nimmt die innere Masse die definitive Structur des fertigen Kernes an. Von Sonnenbildung konnte in diesen Zellen nichts bemerkt werden, vielleicht nur, wie Balbiani meint, wegen der grossen Homogenität des Zellplasma.

Eberth[1]) giebt an, für das Epithel der Hornhaut und das Endothel der Descemet'schen Membran bei Kaninchen und Fröschen, welche nach künstlicher Erzeugung von Substanzverlusten in Regeneration begriffen waren, auch im normalen Hornhautepithel, sowie im Stroma der Cornea bei centraler Keratitis, Veränderungen an Kernen, welche der Zelltheilung vorausgehen, beobachtet zu haben. Es wird eine Differenzirung der Kernsubstanz in hellen Saft, glänzende Körner und anastomosirende Fäden beschrieben. Es schwinden die Kernkörperchen und die Kernwandung, ohne dass eine Vermischung mit dem umgebenden Plasma erfolge. Dann findet man viele Körner zu Fäden verschmolzen und diese bilden Längsstreifen auf der Oberfläche einer tonnenförmigen Figur, also einen Faserkorb, oder aus radiären Fäden bestehende Sterne. Die Sternfiguren sollen den äquatorialen Kernplatten entsprechen. Die Fasermassen, ob sie nun Sterne oder Faserkörbe darstellen, theilen sich und bilden dann je zwei halbkugelige, gestreifte Körper, deren Fäden sich an den Polen der Figur zu je einem glänzenden Körper zusammenballen. Während dem hat sich auch die helle übrige Kern-

1) Virchow's Archiv Bd. LXVII, 1876, p. 523. Schwalbe's Jahresbericht, Bd. V, p. 41.

masse verlängert, eingeschnürt und in zwei Theile getrennt, deren jeder nun einen, aus der Fadenmasse entstandenen, glänzenden Körper: den Tochterkern, enthält. Der helle vom Mutterkern abstammende Hof geht bald in die Substanz des Tochterkerns über. Letzterer sondert sich hierauf in seinem Innern wieder in hellen Saft und in ein Netz von Fäden oder Bälkchen.

Eberth giebt weiter an, dass, während beim Kaninchen stets eine Zweitheilung der jungen Kerne stattfindet, die Fadenmasse der Zellen der Descemet'schen Membran des Frosches sich, wenn auch nicht häufig, in vier Theile trennt. Der Kern, in dem dies geschieht, bildet eine vierstrahlige Figur, aber statt der spindelförmigen Fadenmasse findet sich in jedem Kernfortsatze ein länglicher Haufen von Fäden, die im Centrum des Kerns durch einige Fäden unter sich verbunden sind. Diese Fadenballen lösen sich dann von einander und jeder derselben bildet nun eine birnförmige Figur, deren Spitze nach innen gekehrt ist. Correspondirend mit den vier Kernfortsätzen ist der Zellkörper in vier Zipfel ausgezogen. Für eine noch ausgiebigere Theilung der Kerne dürften solche Zellen sprechen, die einen hellen in sechs bis sieben ungleich grosse Strahlen sich fortsetzenden Kern enthalten, der sehr unregelmässig angeordnete, bald in den Kernfortsätzen gelegene Fadenballen, bald schräg durch den Kern verlaufende Züge von Fäden enthält.

Die Figuren, auf welche sich Eberth für diese Theilung der Kerne in mehr denn zwei Theile bezieht, sind nicht überzeugend und können auch anders gedeutet werden.

Auf Grund der Beobachtungen, die O. Hertwig[1]) an dem Eierstockei der Hirudineen anstellt, kommt er zu dem Resultat, dass die Spindel, die an Stelle des Keimbläschens gebildet wird, aus den Theilstücken des Nucleolus und einem Rest des Kernsaftes entsteht. Die Membran des Keimbläschens soll aufgelöst werden und der Kernsaft sich zum Theil mit dem Dotter vermischen. Die hierauf folgende Bildung der Richtungskörper erfolgt nach Art der Zelltheilung und weicht als solche nicht ab von der früheren Schilderung des Zelltheilungsvorgangs bei Hertwig.

In den befruchteten Froscheiern[2]) konnte O. Hertwig, ungeachtet der Schwierigkeiten, welche hier der Beobachtung entgegen-

1) Morphol. Jahrbuch III, p. 1.

2) Ebendas. p. 18, Anm.

stehen, die Bildung der Spindel und die strahlenartige Anordnung der Pigmentkörnchen, an den beiden Polen derselben, feststellen. Gleich nach erfolgter Kerntheilung besitzt der Pigmenthof eine hantelförmige Gestalt, die beiden Köpfe der Hantel werden durch einen langen Pigmentstreifen unter einander verbunden. In die feinkörnige Substanz eines jeden Hantelkopfes ist ein Haufen von zahlreichen, grösseren und kleineren, dicht aneinander gedrängten Bläschen eingebettet. Diese besitzen die Eigenschaften kleiner vacuolenartiger Kerne. Froscheier, deren Dotter sich zu theilen anfängt, zeigen an ihren schwarzen Polen einen Faltenkranz. Auf Durchschnitten sieht man eine feine Pigmentlinie, welche von der Einschnürungsfurche beginnt und je nach dem Stand der Theilung verschieden weit in die helle Dotterkugel hinabreicht. Sie dringt durch die Mitte des Hantelstils, so dass an dieser Stelle im Dotter ein Pigmentkranz entsteht. Aus diesem Befund geht hervor, dass am oberen Pole, vom Faltenkranz aus, eine dünne Lamelle in das Innere des Eies sich hinabsenkt und den Dotter in eine rechte und linke Hälfte theilt. Das Pigment dieser Lamelle kann nur von der Peripherie des Eies eingedrungen sein.

Bei Asteracanthion konnte O. Hertwig[1]) ebenfalls Schritt für Schritt die Bildung der ersten Spindel aus dem Keimbläschen verfolgen. Etwa eine viertel Stunde nach Ablage des Eies sieht man einen Protoplasmahöcker in das Innere des Keimbläschens, an dem der Eiperipherie zugewandten Pol, eindringen. Der Höcker zeigt an seiner Spitze eine kleine von Dotterkörnern freie Stelle. Im Keimfleck schwinden hierauf die bisher zahlreich vorhandenen kleinen Vacuolen und es erscheint in seiner Mitte, oder mehr der Peripherie genähert, eine grosse Vacuole, die fast ganz von einem kugeligen, aus Kernsubstanz bestehenden Korn erfüllt ist. In dem schon erwähnten Protoplasmahöcker, dem inzwischen der Keimfleck näher gerückt ist, erblickt man jetzt eine, und bald auch eine zweite, Strahlenfigur. Diese wachsen, während inzwischen der Keimfleck allmälig schwindet. Gleichzeitig schrumpft das Keimbläschen, seine Membran löst sich auf, sein Kernsaft mischt sich mit dem umgebenden Plasma. Mit Hülfe von Reagentien überzeugt man sich aber, dass das in der Vacuole des Nucleus gelegene Kügelchen sich zu einem langen Stäbchen streckt. Dieses ragt mit seinem freien Ende in den Protoplasmahöcker hinein und bildet hier den Mittelpunkt der Strahlenfigur. Die

1) Morphol. Jahrbuch Bd. III, p. 271, 1877.

übrige Nucleolarsubstanz wird höckerig, oft bekleidet sie auch scheidenartig, auf eine grosse Strecke hin, das Stäbchen. An dem freien Ende des Stäbchens lösen sich jetzt offenbar Körnchen ab, die einen Kreis bilden. In anderen Präparaten ist das Stäbchen aus der Vacuole des Keimflecks ganz geschwunden. Bald findet man eine Spindel zwischen zwei Strahlenfiguren. In einiger Entfernung von derselben sieht man noch in der körnig geronnenen Grundsubstanz des Keimbläschens einen Rest des Keimflecks. Dieser nimmt in demselben Maasse ab, als der spindelförmige Körper grösser und deutlicher wird und ist schliesslich nicht mehr nachzuweisen. Bei dem geschilderten Vorgang scheint, meint O. Hertwig, ein unverkennbarer Zusammenhang zwischen dem Auftreten der beiden Strahlensysteme und der Umbildung des Keimflecks der Art zu bestehen, dass bei der Auflösung des Keimbläschens die Kernsubstanz in das Protoplasma überwandert und an dem Orte, wo sie sich zu dem spindelförmig differenzirten Kern ansammelt, erst ein und dann das zweite Strahlensystem hervorruft. In erster Linie ist bei dieser Umlagerung der activen Kerntheile der in der Vacuole des Kernflecks eingeschlossene kugelige Körper betheiligt. Aber auch von der einhüllenden Kernsubstanz gehen offenbar Theile, wenn nicht Alles, in das neue Kerngebilde mit über. In frisch abgelegten Eiern einiger Mollusken: Pterotrachea und Phyllirhoë, wird im Keimbläschen der Nucleolus nicht mehr, wohl aber die Spindel gefunden. Bei weiter entwickelten Eiern schwindet hierauf die Membran des Keimbläschens und seine Grundsubstanz vermischt sich mit dem umgebenden Protoplasma, so dass die Spindel frei in den Dotter zu liegen kommt.

A. Brandt[1]) erklärt die Strahlenbildung um die Kerne bei Ascaris nigrovenosa für Pseudopodienbildung. Der bisquitförmige Kern wird beim Einschneiden der Theilungsfurche halbirt. Die Hälften bewahren ihre amöboiden Eigenschaften. Aehnliche Vorgänge nimmt Brandt bei Limnaeus und Anodonta an[2]).

Auf der Münchener Naturforscherversammlung suchte Auerbach[3]) die Entstehung der „streifigen Spindelfigur bei der Vermehrung resp. Theilung der Zellkerne“ zu erklären. Im Allgemeinen kam Auerbach zu dem Resultat, dass diese Structurerscheinung keineswegs in allen Fällen auf ganz identische Art

1) Zeitschrift für wiss. Zool. Bd. XXVIII, p. 365, 1877.
2) Ebendas. p. 587.
3) Amtlicher Bericht p. 231, 1877.

sich bildet, obgleich wohl immer die Einwirkung, welche die Längsstreckung einer zähen Substanz auf in ihr oder an ihr haftende Körperchen ausübt, ein wesentlicher Factor sein dürfte. Sind letztere selbst von plastischer, zäher Beschaffenheit, so werden sie unter dem Einfluss der allgemeinen Streckung in Fäden ausgezogen mit Verdickungen an einem Ende oder in der Mitte, je nach einseitigem oder doppelseitigem Zuge. Bei der Theilung der Sperma-Mutterzellen von Strongylus sind es die Nucleoli, welche sich in Längsfasern umgestalten sollen. Jede Mutterzelle enthält acht, resp. in der zweiten Generation vier Nucleoli. Diese ordnen sich vor der Theilung in die Aequatorialzone, meist in einer doppelten Reihe, dehnen sich zu meridional gelagerten Fasern aus und liefern, sich zusammenziehend, wieder die Nucleoli der Tochterzellen. Sind andererseits in einer zähen Substanz zahlreiche Kügelchen verschiebbar eingebettet, so sieht man diese, bei einer Längsstreckung des Ganzen, sich gewöhnlich in parallele Reihen ordnen. So fand es Auerbach bei in Längstheilung begriffenen Individuen von Anoplophrya (Stein). Dieser Theilung des Körpers geht nämlich die Theilung jedes der beiden Kerne des Individuums voraus. Die Kerne enthalten in ihrer hellen Substanz zahlreiche, sehr kleine und zarte Kügelchen, welche sich während des bisquitförmigen Stadiums zu dichten Längsreihen ordnen. Von einer sog. Kernplatte ist hierbei nichts zu sehen. — In denjenigen Fällen, wo Karyolyse vorliegt, lösen sich Anfangs die Nucleoli auf und liefern im Verein mit den von aussen eindringenden und sich beimischenden Plasmatheilchen das Material zu den Längsfäden.

Aehnliche Kernbilder, wie früher, fand Mayzel[1]) im Ei der Fische und Tritonen, sowie der Fischembryonen und Tritonenlarven. Hervorzuheben ist der Mangel der Kernplatte in den beim Triton beobachteten Theilungsbildern der Kerne. Die getheilten Kerne stellen sich in Form faseriger Körbe mit verengtem hohlen Boden dar. Zum ersten Mal konnte Mayzel an den Tritonenlarven die Einzelheiten der Kerntheilung am lebenden Objecte verfolgen. Der Theilungsvorgang der Epithelialzellen dauerte 10 Minuten. Die eine der Zellen schnürte sich nach und nach durch, wobei die Hälften und die sie umgebenden Epithelialzellen fortwährende Lage- und Formveränderungen vornahmen.

---

1) Gazeta lekarska Bd. TXIII, Nr. 26, 27. Juni 1877. Schwalbe's Jahresbericht Bd. VI, p. 25.

Die zweite Zelltheilung erfolgte mit Hülfe bis zur Abfurchung fortschreitender Bildung einer Reihe kleiner Vacuolen im Aequator des Zellkörpers. Die schon getheilten Kerne zeigen sich als mattglänzende, von Stäbchen gebildete Körbchen. Die Stäbchen verkürzen sich, indem sie an dem centralen Ende dünner, an dem peripheren dicker werden und dort schliesslich zu einem höckerigen Klumpen verschmelzen. Letzterer änderte unausgesetzt seine Form, um sich nach beendeter Zelltheilung der Beobachtung zu entziehen.

Eine schöne Kernspindel mit Kernplatte und mit ganz kleinem Strahlenkranz an den Polen hat Grobben[1]) in den grossen Hodenzellen von Astacus abgebildet[2]). Vor der Spindelbildung zeigt sich die Kernsubstanz zu einem System in allen Richtungen den Kern durchsetzender Balken ausgebildet[3]); die Anordnung wird von Grobben als strahlig bezeichnet.

Der dritte Theil von O. Hertwig's Beiträgen zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies, bringt im ersten Abschnitt[4]) bereits referirte Beobachtungen über Asteracanthion von Bildern begleitet. Der zweite Abschnitt[5]) behandelt die ersten Entwicklungsvorgänge im Ei der Coelenteraten, Würmer, Echinodermen und Mollusken. Ich habe nur über einige Angaben zu referiren.

Bei Mitrocoma Annae unter den Medusen beginnt die Theilung des Eies etwa zwei Stunden nach der Befruchtung. Die aus den copulirten Kernen hervorgegangene Spindel ist der Oberfläche des Eies genähert. Ueber der Stelle, wo die Spindel liegt, bildet sich eine seichte Furche, die sich allmälig vertieft. Hierbei entstehen in der Rinde des Eies secundäre kleinere Falten, senkrecht zur Theilungsfurche. Wenn letztere bis zu halber Tiefe vorgedrungen ist, tauchen in der Nähe der Theilungsebene in jeder Eihälfte eine Anzahl kleiner Vacuolen auf: die sich umbildenden und dadurch im frischen Zustande wieder deutlich werdenden Hälften der Kernspindel. Am spätesten wird der Theil des Eies durchgeschnürt, welcher der zuerst entstehenden Furche gegenüberliegt. Hier hängen zuletzt die beiden Eihälften nur durch eine dünne Protoplasmabrücke zusammen.

---

1) Arbeiten des zool. Instituts zu Wien Heft I, 1878.
2) Taf. III, Fig. 17.
3) Taf. III, Fig. 16.
4) Morphol. Jahrbuch Bd. IV, 1878, p. 156.
5) Ebendas. Bd. IV, p. 177.

Das Keimbläschen von Sagitta unter den Würmern führt mehrere kleinere Nucleoli, meist der Kernmembran anliegend. Ausserdem lässt sich in seinem Innern eine netzförmig ausgebreitete Substanz erkennen, in welcher grössere und kleinere Körnchen eingestreut sind. Das Keimbläschen löst sich auf, nachdem es an die Oberfläche des Dotters emporgestiegen ist, bei Behandlung mit 2 % Essigsäure wird dann in der Dotterrinde ein Bündel glänzender Stäbchen sichtbar: eine modificirte Form der Kernspindel. Bei Haemopis war in Eierstockeiern eine Kernspindel und häufig neben einem der beiden Spindelenden ein kleines Kügelchen zu bemerken. Beide Gebilde sind von einem hellen Hof umgeben, oder von Resten der Keimbläschenmembran, oder sie liegen ganz im Eidotter. Wenn die Bildung der Richtungskörper beginnt, fehlt der kugelige Kerntheil. Die Vorgänge sind hier jedenfalls dieselben wie bei Asteracanthion.

Beim Seeigel konnten, ohne Anwendung von Reagentien, die verdichteten Partien in der Spindel von der protoplasmatischen Grundsubstanz unterschieden werden.

Im Ei von Mytilus unter den Mollusken wurde wiederum ein in beständiger Abnahme begriffener, kugelförmiger Rest des Keimflecks vorgefunden. Zur Zeit, wo sich die Doppelstrahlung im Ei ausgebildet hat, beginnt es die äussere Gestalt zu verändern. Es bildet sich eine Hervorwölbung an dem vegetativen Eipol, das heisst an demjenigen Pol, der dem animalen Pol, an welchem die Richtungskörper entstehen, entgegengesetzt ist. Das Ei erhält eine herzförmige Gestalt, indem es zwei seitliche Höcker und einen mittleren trägt. Dann beginnt die Theilung, indem unterhalb des Richtungskörpers eine Einschnürung sich bemerkbar macht; dieselbe verläuft aber nicht mitten durch das Ei hindurch, sondern schräg zu dem langgestreckten Kern; sie halbirt daher nicht das Ei, sondern schneidet nur den seitlichen Lappen ab.

Selenka[1]) hat die Furchung bei Toxopneustes variegatus verfolgt. Der Furchungskern (Keimkern) wird elliptisch, jeder Pol erhält eine Sonne, es differenzirt sich eine Kernspindel mit deutlicher Kernplatte. Die Kernplatte wird von den Anschwellungen der Kernfasern gebildet. Sie theilt sich; die auseinanderweichenden Hälften bleiben durch Fäden verbunden. Die Elemente der Kernplatte verschmelzen an jedem Pole der Kernspindel und bilden

1) Zool. Studien I, 1878.

die Furchungskerne zweiter Ordnung, indess der Aequator der Kernspindel sich verjüngt, die Fäden in der Mitte zerreissen und die Reste derselben in die verschmelzenden „Vorkerne“ aufgenommen werden. Die Dotterstrahlen führen die Furchung des Dotters herbei, verschwinden dann rasch.

In die Details weiter eingehend hebt Selenka zunächst hervor, dass wenn der Furchungskern ellipsoidisch geworden, eine Scheidung seiner Substanz erfolge. Die Spindel wird vom Kernsaft umspült. Die äussere Membran wird zerrissen und der Kernsaft mit dem Dotter vermischt. An den Spitzen der Kernspindel sah Selenka, während der Spaltung der Kernplatte, je ein glänzendes Körperchen liegen. Die neuen Kerne gehen nur aus der Verschmelzung der Kernplattenelemente, die Selenka Nucleoplasten nennt, hervor, ohne Betheiligung eines anderen geformten Gebildes. Diese Verschmelzung soll nach gewissen Symmetriegesetzen vor sich gehen. Während der Verschmelzung vergrössert sich das Gesammtvolumen der Nucleoplasten, kaum ist aber ihre Verschmelzung vollendet, so wächst der neue Kern ganz plötzlich, indem er den Rest der Verbindungsfäden einzieht, um das doppelte seines Durchmessers. Selenka meint, dass die Verbindungsfäden zuvor schon ihrer ganzen Länge nach mit einander verschmelzen, da die Zahl derselben abnimmt, ihre Dicke aber wächst.

Die Abfurchung des Dotters vollzieht sich entweder zugleich mit der Theilung des Furchungskernes, oder die erste Ringfurche verliert sich wieder vollständig um erst zugleich mit der zweiten, rechtwinklich zu ihr stehenden Dotterfurche wiederzukehren, also erst wenn vier Furchungskerne gebildet sind. Beide Bildungsmodi hält Selenka für normal.

Mayzel[1]) gelang es, die typische faserige Kernspindel mit körniger, äquatorialer Kernplatte und faserigen Radien um die Spindelpole auch in den Eiern von Ascaris nigrovenosa und Strongylus auricularis aufzufinden. In Eiern von Limax variegatus, welche zunächst eine Stunde lang in 1 bis 2 procentiger Essigsäure gelegen hatten, konnte die sehr grosse Spindel mit Hilfe von Druck, welcher die Eier zum Platzen brachte, leicht isolirt werden. Diese Spindel wird von sehr zahlreichen, glatten Fäserchen gebildet. Die Kernplatte derselben besteht aus ungleich grossen Körnern. Ebenso sind die sonnenförmigen Figuren an den

1) Gazeta lekarska 1879, Nr. 4. Schwalbe's Jahresbericht Bd. VII, p. 26; auch zool. Anzeiger 1879, p. 280.

Polen der Spindel aus äusserst zahlreichen glatten Fäserchen gebildet, bestehen also nicht aus in Reihen angeordneten Körnchen. Letztere füllen zwar die Zwischenräume zwischen den Fasern aus, lassen sich aber leicht herauspressen. Die von 10 bis 15 kleinen, hellen, ovalen und rundlichen, kernähnlichen Gebilden bestehenden Kernhaufen, welche zusammenfliessen, erscheinen bei der Isolation wie von einer gemeinsamen Membran umgeben. Kleinere doch deutliche Spindeln zeigen auch die Ektodermzellen derselben Schnecke. Die an Essigsäure-Präparaten scharf contourirten, rundlichen, hellen Kerne enthalten 1 bis 2 sehr grosse, glänzende Kernkörperchen, welche in einem näheren Verhältniss zu der ebenfalls stark glänzenden Kernplatte zu stehen scheinen.

Die typische Kerntheilung hat Mayzel[1]) weiter aufgefunden: im Epithel der normalen Rattenhornhaut; im normalen und sich regenerirenden Epithel der Hornhaut des Ferkels; im Haut- und Darmepithel der Froschlarven; den Blastodermzellen des Hühnchens.

Ranvier[2]) hingegen beschreibt noch am Ischiadicus der Taube, am dritten Tage nach der Durchschneidung, Theilung der Kerne ganz nach dem alten Remak'schen Schema. Zunächst soll sich das Kernkörperchen vergrössern und bisquitförmig werden, dann der Kern ebenfalls anwachsen, das Kernkörperchen sich verdoppeln, die beiden Kernkörperchen von einander rücken; dann der Kern sich einschnüren, einseitig oder gleichmässig im Umfang, und schliesslich zwei Kerne mit je einem Kernkörperchen aus einander rücken. Das Alles will Ranvier festgestellt haben an mit 1 % Osmiumsäure behandelten, mit Picrocarmin gefärbten Präparaten.

W. Schleicher[3]) untersuchte die Zelltheilung im Kopfknorpel von Frosch-, Kröten- und Pelobateslarven. Er beschreibt in den jungen Knorpelzellen: Fäden, Fädchen oder Stäbchen und Körner. Einige Fäden sind geradlinig und erstrecken sich nicht selten von der Zellkapsel zur Kernmembran, ein ander Mal bedecken sie den Kern. Die meisten Fäden sind unregelmässig gekrümmt. Die Körner liegen hauptsächlich der Kernmembran an. Die jungen Knorpelzellen sind sehr contractil, sie führen lebhafte amöboide Bewegungen aus. Die nicht in Theilung begriffenen Kerne sind im Knorpel der Amphibienlarven homogen, mit ein oder zwei

1) Denkschriften der Warschauer med. Ges. 1878, S. 593
2) Leçons sur l'histologie du système nerveux. T. II, p. 3, 1878.
3) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVI, p. 248, 1879.

klaren Nucleolen; in der Scapula junger Frösche sind sie weniger homogen, mit sichtbaren Nucleolen versehen; in der Scapula der Tritonen mit zahlreichen groben Körnern und Stäbchen, die meist so dicht an einander liegen, dass sie sich gegenseitig berühren. In ganz jungen Froschlarven zeigen sich die Knorpelkerne ganz homogen.

Der in Theilung eintretende Knorpelkern zeigt Veränderung seines Inhalts. Stäbchen und neue Körner erscheinen in unregelmässiger Vertheilung, der Kern wird immer reicher an glänzenden Bestandtheilen und diese sind bald so dicht aneinander gedrängt, dass kaum Zwischenräume bleiben. Körner und Stäbchen liegen der Kernmembran an und scheinen mit ihr zu verschmelzen. Bald wird diese ganze Membran zerstückelt und zur Bildung der Kernfigur mit benutzt. Der Nucleus verschwindet. Die geschilderte Erscheinung bezeichnet Schleicher als Karyokinesis. Volumänderungen sind hierbei weder an der Zelle noch am Kern zu beobachten. Als nicht seltene Form des karyokinetischen Bildes, welches ein Kern des Batrachierknorpels erzeugen kann, fällt die radiäre Anordnung mehr oder minder langer Stäbchen auf. Diese Figur ist aber nicht permanent, sie schwindet und tritt auch wieder auf. Nur selten hält sie längere Zeit an, um in eine unregelmässige Figur schliesslich doch wieder überzugehen. Eine regelmässige Figur wird zuweilen auch durch eine circuläre Aneinanderlagerung der Körner erzeugt. Folgen dann wieder Figuren mit unregelmässig vertheilten, gebogenen Stäbchen und Körnern. Auch parallele Lagerungen der Stäbchen kommen vor. Der ganze Kern führt hierbei meist Locomotionen durch das umgebende Protoplasma aus, dreht sich wohl auch um. Eine Regelmässigkeit in der Aufeinanderfolge der Bilder ist nicht gegeben, sternförmige Gebilde können knäuelförmig werden und umgekehrt.

Die Fäden, Fädchen und Körner, die schon früher in dem Protoplasma der Zelle geschildert wurden, führen währenddem Bewegungen und Formveränderungen aus. Zunächst peripherisch gelegen, bewegen sie sich gegen das Innere der Zelle; kommen sie in Berührung mit der Kernfigur, so geben sie, nach Schleicher, Substanz an dieselbe ab.

Plötzlich legen sich die Stäbchen der Kernsubstanz parallel zu einander, zusammen eine hohle Tonne bildend, dann folgt sofort die Theilung. Das Auseinanderweichen beider Hälften geschieht rasch, dabei platten sich manchmal die Kernhälften ab. Die Gestalt der Kernhälften ist je nach Umständen etwas ver-

schieden. Die Trennung der Kernhälften erfolgt nicht scharf. Oft, aber nicht immer, liegen zwischen den eben getrennten Hälften kurze Fäden oder Stäbchen ausgespannt. Sie gehören zur Kernsubstanz. Einige liegen frei, andre bilden Brücken. Sie verschwinden sehr bald. In der Mehrzahl der Fälle erkennt man im frischen Zustand einen hellen Raum zwischen den getrennten Kernhälften, welcher das mögliche Vorhandensein der internuclearen Fäden verräth. Einmal waren auch die Fäden ohne Reagentien zu sehen. Essigsäure zeigt feine, helle Fäden, die sich von der einen Kernhälfte zur andern erstrecken, aus feinen Körnchen gebildet. Sie sind in kurzen Zellen parallel, in längeren Zellen sind die peripherischen Fäden etwas gebogen und zuweilen auch unregelmässig gekrümmt. Ihre Existenz kann von langer Dauer sein, Schleicher fand sie sogar noch in Knorpelzellen, in welchen die Scheidewandbildung begonnen hatte. Um die in Karyokinese eingetretenen Kerne wurde in einzelnen Fällen mehr oder weniger vollständige Strahlenbildung beobachtet, auch halbe Sonnen an den Enden der schon in Verschmelzung begriffenen Elemente der Kernhälften. Einmal wurde eine Kernspindel beobachtet, bestehend aus dünnen, nach den Polen convergirenden Fäden und aus von unregelmässigen Körnern gebildeter Kernplatte. Einmal waren nur auf der einen Seite der karyokinetischen Figur drei convergirende Fäden nachzuweisen.

Schleicher ist der Meinung, dass die Tonnenform, das heisst, die Spindel mit abgestumpften Spitzen, als Typus der Theilungsfigur aufgefasst werden soll.

Die Elemente der Kernhälften verschmelzen alsbald mit einander und zwar zunächst an der Aussenseite, wodurch kammartige Figuren entstehen. Weiter sind es unregelmässig höckerige Klumpen. Hierauf zerfällt die Masse von Neuem und führt wiederum amöboide Bewegungen aus, die zu unregelmässigen Figuren führen. Es erfüllen sich die Zwischenräume zwischen den Körpern allmälig mit einem helleren Stoff. Einige Fäden lagern sich im Kreis und bald ist die Membran gebildet. Nicht alle Bestandtheile der Kernhälfte brauchen nothwendig zur Bildung des neuen Kernes benutzt zu werden. Schliesslich wird der definitive Zustand ausgebildet.

Die Theilung erfolgt nicht durch Einschnürung, es bildet sich vielmehr eine Scheidewand, die sich in zwei Blätter spaltet. Die [illegible] der Scheidewand soll mit einer Ansammlung feiner Fäden [illegible]. Diese legen sich zu einer Längsreihe seitlich an ein-

ander. Die Scheidewand kann in seltenen Fällen sehr spät auftreten, wenn die Tochterkerne fast fertig sind, meist wird sie jedoch kurz nach der Theilung gebildet in einer Ebene, die mitten zwischen den beiden Kernen liegt. Die Elemente zur Scheidewandbildung entstammen aller Wahrscheinlichkeit nach dem Protoplasma, in welchem nach der Mittelebene der Zelle zu gerichtete Fädchen zu beobachten waren. So entsteht eine doppelt contourirte Membran, in dieser erscheint eine einfache Linie, welche dieselbe in zwei gleich dicke, parallele Blätter theilt.

Flemming[1]) studirte die Zelltheilung bei Salamandra in der Blase, dann bei der Larve. An der Larve sind pigmentarme Stellen der Schwanzflosse das beste Object, um Zelltheilungen im lebenden Epithel zu beobachten. Die durchsichtigen Kiemenblätter zeigen das lebende Epithel überhaupt nicht, lassen dagegen die sich theilenden Kerne eben erkennen. Theilungen von Bindesubstanz- und Blutzellen sind an den Kiemenblättern sehr klar, werden aber zu selten getroffen. Für Knorpelzelltheilungen sind dagegen die Copula und die Kiemenbogenknorpel der Larve sehr brauchbar, nur kann man sie nicht von Anfang bis zu Ende verfolgen, da das Object zu rasch abstirbt. Dagegen sind die Kiemenblätter besonders günstig, um conservirte und gefärbte Präparate von Zelltheilungen zu geben, da es dafür keines weiteren Schneidens und Präparirens bedarf.

Die ruhenden Kerne der Bindesubstanz in den Schwanzflossen und den Kiemenblättern erscheinen von einer scharfen, doppelt contourirten Kernmembran umgeben. Innerhalb dieser Hülle zeigt die Substanz des Kerns eine homogen aussehende blasse Masse und in dieser grössere und kleinere Körper und Stränge ohne allgemeine Regelmässigkeit der Anordnung. Von den grösseren Körpern entsprechen manche, ohne Zweifel, wenn auch nicht in toto, so doch zum Theil, wahren Nucleolen. Bei den Kernen der Knorpelzellen zeigt sich das innere Gerüst besonders schön. Bei Anwendung von Reagentien und färbenden Mitteln treten einmal das Netzwerk, das andre Mal die Nucleolen deutlicher hervor.

Für die Zelltheilung werden die aufeinanderfolgenden Phasen besonders beschrieben.

Erste Phase: Entstehung eines feinfädigen Korbgerüstes mit enggewundenen Fäden. Es wird hierbei die sämmtliche tingirbare Substanz, auch die in den Nucleolen und der Membran enthaltene,

---

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVI, p. 302, 1879.

allmälig in das Kerngerüst eingezogen, welches dadurch wächst, sich zunächst verfeinert und unter Schlängelung seiner Bälkchen sich gleichmässig durch den Kernraum ausdehnt, also eine so völlige morphologische Umwandlung erleidet, dass man es mit dem Gerüst des Ruhezustandes nicht mehr vergleichen kann. In dieser Zeit geht der Zellenleib so wie der Kern aus der flachen in eine mehr gerundete Form über. Im Innern der Zelle haben sich die Körnchen zu zwei Gruppen geordnet, die sich um die Endpunkte der grossen Kernaxe sammeln. Unter günstigen Verhältnissen war eine radiäre Anordnung der Körnchen zu sehen.

Zweite Theilungsphase: Lockere Knäuelform oder Korbform des Mutterkerns. Die ganze Kernsubstanz bildet ein Gerüst gleichdicker, geschlängelter Fäden. Die Zwischensubstanz nimmt keine Spur von Färbung mehr an und feinkörnige Massen giebt es nicht mehr. Die Kernmasse ist nicht mehr scharf gegen das Plasma abgegrenzt, eine helle Zone hat sich um die Kernfigur gebildet und ist kein Artefact, weil auch im lebenden Zustande zu sehen.

Dritte Phase: Sternform des Mutterkerns. Die Fäden lagern sich langsam um und wird durch Vermittlung einer Kranzform eine Sternform erreicht. In der Mitte der Sternfigur bleibt in einigen Fällen ein deutliches freies, helles Feld erkennbar. Eine dicentrische Gruppirung lässt sich alsbald in der Sternfigur unterscheiden. In einzelnen seltenen Fällen finden sich sogar wahre Doppelsterne mit völlig getrennten Centren. Die Fäden fangen schon innerhalb dieser Phase sich der Länge nach zu halbiren an. Die Hälften liegen dann zunächst fast genau parallel zu einander und rücken erst des Weiteren aus einander, so einen feinstrahligen Stern bildend. Die Sternfigur hat ziemlich langen Bestand, aber sie ändert dabei ihre Form in langsam ablaufenden Perioden.

Vierte Phase: Aequatorialplatte. Tritt rasch auf und geht rasch vorüber. Die Elemente anfangs etwas geschlängelt, aber bald mehr und mehr parallel der Theilungsaxe gestreckt, füllen mit einander den Raum einer dicken Platte aus. Dieses Stadium lässt sich der Kernspindel vergleichen, hier ist aber Continuität von einem Pol zum andern nicht vorhanden und die Verdickung im Aequator fehlt. Hingegen endigen die Fäden frei in der Mitte der Figur.

Fünfte Phase: Trennung der Kernfigur. Die beiden Hälften, deren gegenseitige Abgrenzung im vorigen Stadium schon vollzogen war, rücken aus einander. Zwischen denselben findet man aber

keine zur Kernsubstanz gehörenden Verbindungsfäden. Das Protoplasma zwischen den Kernhälften ist eben so gleichartig fein granulirt oder netzartig wie in der Peripherie oder man sieht hier häufig eine längliche hellere Partie, die von unregelmässig verästelten Strängen durchzogen ist; die Stränge hängen wohl mit den Kernhälften zusammen, zeigen aber bei Färbung nicht die Spur der intensiven Färbung der letzteren, sondern dieselben Nuancen wie das Plasma der Zelle.

Sechste Phase: Sternform der Tochterkerne. Die Fäden der zwei Kernhälften klappen an der Aequatorialseite immer mehr aus einander, so dass schliesslich die Figur eines flachgedrückten Sterns entsteht. Schon jetzt tritt häufig an einer Seite des Zellkörpers die Einschnürungsmarke auf.

Siebente Phase: Kranzform und Knäuelform der Tochterkerne. Unter sehr langsamer Formveränderung und Vertiefung der Polseite bilden sich die Körbe aus. In dieser Phase theilt sich die Zelle. Die Marke greift auch um die andre Seite der Zelle, der Aequator wird mehr verdünnt und endlich abgeschnürt. Von einer Zellplatte ist nichts zu sehen.

Achte Phase: Gerüstform der Tochterkerne. Hiermit ist die Rückkehr derselben zum Ruhezustand gegeben. Der Kern erhält ein scharfe Abgrenzung gegen den Zellleib und die Zwischensubstanz der Fäden ist jetzt tingirbar. Das Auftreten von Nucleolen konnte Flemming nicht beobachten, die Anschwellungen im Gerüste hält er für Netzknoten.

„Nach dem Allen ist klar," schreibt Flemming, „dass die Tochterkerne zunächst eine flachgedrückte Sternform haben und dass diese in die eines Sternes oder Kranzes mit gewundenen Fäden übergeht, welche in peripheren und centralen Schlingen in einander übergehen, dass hieraus ein Windungsknäuel (Korbform) entsteht und hieraus ein Gerüst mit Zwischensubstanz. Es ist also klar, dass dies im Ganzen, abgesehen von den doppelstrahligen Sternen, die umgekehrte Formreihe ist, die der Mutterkern durchmachte."

In den rothen Blutzellen der Larven findet man ein von dem Geschilderten etwas abweichendes Verhalten. Die vergrösserten Kerne zeigen, so scheint es, zunächst Windungen, dann Knäuel, dann einen Stern, der den Umfang einer ganzen rothen Blutzelle und einen Masseninhalt besitzt, welcher jedenfalls zwei bis drei Mal so gross ist, wie der des ruhenden Kerns einer solchen Zelle. Von Substanz der Zelle ist an diesen Figuren nichts zu erkennen,

sie muss wohl, meint Flemming, in der Kernfigur sein; die vorgenommenen Färbungen sprechen dafür.

J. Perez[1]) lässt bei Helix aspera das Keimbläschen des Eies schwinden. Seine Stelle wird von dem Protoplasma, das es enthielt und dem Rest des desorganisirten Keimflecks eingenommen. Die Dotterkörnchen der Umgebung dringen mehr oder weniger in den hellen Raum ein. Fast sofort bildet sich in diesem Raume ein spindelförmiger Körper aus, mit zwei Sonnen. Perez meint: „dass an Stelle des einen Attractionscentrums, welches das Wachsthum des Keimflecks im Eierstocksei beherrschte, zwei Attractionscentren sich in diesem Elemente ausbilden. Die beiden Nucleolen einmal gebildet, entwickeln sich jeder selbständig auf Kosten der Substanz des Keimflecks, der von da an seine Homogenität und seine gleichmässige Lichtbrechung verliert. Der Keimfleck desorganisirt sich in dem Maasse als die Nucleolen wachsen, und während der unthätige Theil des Keimflecks sich desorganisirt und auflöst, erhalten sich die zwei Nucleolen, die Erben seiner dynamischen Eigenschaften. Durch die Auflösung des Keimflecks frei geworden, üben diese zwei werdenden Zellen eine Anziehung auf das umgebende Protoplasma, welche die Theilchen desselben zwingt sich in radialen Linien anzuordnen. So manifestiren sich die beiden Sterne und der spindelförmige Körper zwischen denselben." Die Spindel geht somit nach Perez nicht aus der unmittelbaren Umwandlung des Keimbläschens oder des Keimflecks hervor. Sie hat nichts mit dem veränderten Kerne zu thun.

Die Studien über die erste Entwicklung des Eies der Cölenterate, Gonothyraea Loveni (Allm.) von R. S. Bergh[2]) bringen mehrere hier zu berührende Einzelheiten. Das Keimbläschen der jüngsten Eier führt einen Keimfleck und ein Reticulum von Protoplasma. Aeltere Eier zeigen kein Reticulum mehr in ihrem Keimbläschen, der Keimfleck ist in eine grössere Zahl solcher zerfallen; Bergh beobachtete direct die Vermehrung des Keimflecks durch Theilung mittelst Einschnürung. Nachdem die Eier eine Zeit lang in den Gonozooiden gelegen, verliert das Keimbläschen seine Membran, es liegt ganz peripherisch im Ei, im frischen Zustand wie mit Reagentien nur als heller Fleck ohne deutliche Contour nachweisbar. Bildung der Spindel, Ausstossung des Richtungskörperchens folgen auf einander. Nach der Befruchtung

1) Journ. de l'Anat. et de la Physiol. T. XV, 1879, p. 364.
2) Morph. Jahrb. V, 1, 1879.

geht der Keimkern in die Spindelform über. Die Spindel hat eine etwas seitliche Lage im Ei, und an der betreffenden Seite beginnt später die Einschnürung. Die Kernplatte spaltet sich; zwischen den auseinandergewichenen Verdichtungszonen waren auf späteren Furchungsstadien deutlich die Verbindungsfäden nachzuweisen. Bei beginnender Furchung bildet sich an der einen Seite des Eies eine ziemlich breite Kluft. Diese streckt sich weiter in das Ei hinein und wird allmälig zu einer ganz tiefen, schmalen Furche. Wenn diese Furche etwa bis an's Centrum des Eies gelangt ist, bildet sich hier an ihr ein ziemlich grosses, birnförmiges Lumen, welches an seinem zugespitzten Ende mit der schmalen Furche zusammenhängt. Während dieser Vorgänge ist das Ei in ununterbrochenen amöboiden Bewegungen begriffen. Erst jetzt beginnt sich auch von der anderen Seite eine tiefe und breite Kluft zu bilden; auch sie wird allmälig in eine schwächere Furche umgewandelt, welche zuletzt mit dem Lumen der ersten Furche zusammentrifft. Noch vor vollständiger Trennung der beiden Furchungskugeln haben sich gewöhnlich ihre Zellkerne in die Länge gestreckt und die bekannte Spindelform angenommen. Wenn die Furchungskugeln zweiter Generation sich getrennt haben, ist gewöhnlich die Theilung der Kerne zweiter Generation in die der dritten gleichzeitig abgeschlossen. Bergh meint, dass die äussere Furchung dadurch causal bedingt sei, dass die Radien der Strahlensysteme die Peripherie des Eies erreichen. Hierfür soll sprechen, dass die Furchung bei centraler Lage des Kerns, wo also die Strahlen der zwei Sonnen gleichzeitig die Peripherie erreichen, gleichzeitig im ganzen Umkreis erfolgt; während bei peripherer Lage des Kerns die Furchung an der dem Kern näheren Seite beginnt.

In einem Aufsatze über das Verhalten des Kerns bei der Zelltheilung und über die Bedeutung mehrkerniger Zellen, spricht sich Flemming[1]) dahin aus, dass es eine Vermehrung der Kerne durch „directe" Theilung, nach dem alten Remakschen Schema, welches lautet: das Kernkörperchen verdoppelt sich durch Theilung, der Kern zerschnürt sich in zwei oder mehr Theile mit je einem Kernkörperchen, bei fixen Gewebezellen gar nicht giebt. Auch in mehrkernigen Zellen haben sich die Kerne nicht durch Zerschnürung, sondern durch „indirecte" Theilung vermehrt. Bei mobilen Zellen: farblosen Blutzellen, Wanderzellen etc., welche

---

1) Archiv für path. Anat. u. Phys. und für kl. Med. Bd. LXXVII, 1879.

meistens mehrkernig sind, erfolgt die Vermehrung der Kerne anscheinend durch directe Abschnürung, doch ist noch unbekannt, ob nicht die Vorgänge im Kern dennoch Homologien mit der indirecten Kerntheilung haben.

Flemming hat in dem Epithel der Schwanzflosse der Salamanderlarve eingebuchtete Kernformen, die man früher für beginnende Einschnürungen hielt, anhaltend beobachtet, ohne je eine Zerschnürung des Kerns auf diesem Wege zu sehen. Es liessen sich nur geringfügige langsame Formveränderungen constatiren. Sollte der von E. van Beneden angeführte Fall der Zerschnürung der Kerne im Blastoderm des Kaninchens richtig sein, so wäre er, meint Flemming, doch nur für die Zellen eines noch sehr jungen Keims, nicht für ältere Gewebe nachgewiesen.

Begonnene Kerntheilungen in absterbenden Geweben können nach Flemming zunächst noch weiter verlaufen und wenn nicht zu vollständiger Zelltheilung, so zur Bildung zweikerniger Zellen führen. Legte Flemming getödtete Salamandralarven auf 1 bis 2 Stunden in Wasser, so fand er dann in den Geweben kaum noch irgendwo eine Kerntheilungsfigur, wie sie bei der lebenden Larve zahlreich vorkommen, dagegen viel zweikernige Zellen.

Neuerdings konnte J. Arnold[1]) Kern- und Zelltheilung auch in Geschwülsten, besonders an rasch wachsenden, grosszelligen, aus der Klasse der Sarcome und Carcinome verfolgen. Beobachtungen an frischem Material geben wenig positive Resultate, wohl aber die Untersuchung der in Alkohol und Chromsäurelösung erhärteten Geschwülste. Tingirt wurden die Objecte vornehmlich mit Hämatoxylin.

In der homogenen Substanz der ruhenden Kerne sind glänzende Körner und Fäden in wechselnder Zahl und Anordnung eingebettet. In histoiden Tumoren sind nur vereinzelte Fäden in den Kernen enthalten, in den cellulären Geschwülsten ein ganzes System von Fäden.

Die Kerntheilung wird damit eingeleitet, dass die helle Substanz des Kernes immer mehr zu schwinden scheint und durch glänzende Körner ersetzt wird. Eine genauere Betrachtung ergiebt, dass die Kerne von einem System von Fäden durchzogen sind, die sich intensiv färben, während nur wenig oder keine helle Zwischensubstanz nachweisbar ist. Die Anordnung der Fäden ist wechselnd. Sie erscheinen bald als Knäuel, Geflechte oder Ge-

[1] Archiv für path. Anat. u. Phys. und für kl. Med. Bd. LXXVIII, 1879.

rüste, je nachdem dieselben einen mehr oder weniger gewundenen oder gestreckten Verlauf einhalten. Die Contouren der Kerne sind alsbald unkenntlich, die Membran ist geschwunden; häufig erscheint der Kern von einem hellen Hof umgeben. Arnold meint, dieser helle Hof verdanke einer Auflösung der Kernmembran seine Entstehung. Auch findet man in andern Zellen dunkle glänzende Körner in eine Scheibe gelagert, sie setzen sich in Fäden fort, die manchmal bis an die Peripherie des Zellkörpers sich verfolgen lassen. Die Scheibe hat manchmal ein helles Centrum. Nunmehr lassen sich Kernbilder in Gestalt eines Eies, einer Sonne oder Spindel verfolgen. Die Fäden laufen jetzt von einem Pol der Kernfigur zum andern, divergiren gegen den Aequator und nähern sich an den Polen. Zwei Formen sind zu unterscheiden. Bei der einen Form, die gewöhnlich die Gestalt eines Eies oder einer Tonne besitzt, sind die Fäden dick, dunkel, glänzend, zuweilen leicht geschlängelt und färben sich intensiv mit Hämatoxylin. Bei der andern Form gewöhnlich in Gestalt eines Eies oder einer Spindel, sind die Fäden feiner, lichter, mehr gestreckt und färben sich nicht mit Hämatoxylin. Im Aequator solcher Fäden sind dunkle, glänzende, intensiv sich färbende Körner eingeschaltet. Auch an den Polen findet man solche angehäuft. Die ersten Formen sollen sich von oben in Gestalt sternförmiger, strahliger Figuren präsentiren; die zweiten Formen als Scheibe, an deren Rande eine oder zwei Reihen glänzender Körner liegen, die Mitte aber von feinen radiär angeordneten Fäden eingenommen ist.

Bei der Theilung der Spindeln mit Kernplatte verdoppelt sich diese, nur zuweilen sah Arnold lichte Fäden zwischen den auseinanderweichenden Körnerreihen ausgespannt. In andern Zellen waren an den Polen der längsovalen Kernfigur dunkle halbmond- oder schalenförmige Körper gelegen, aus zahlreichen dunklen, intensiv sich färbenden Körnern bestehend. Zwischen den beiden Gebilden sind oft Fäden ausgespannt. Diese kann man auch sehr in die Länge gestreckt finden; die Figur dann in Gestalt einer Hantel. Auf diesen Zustand folgt die Einschnürung des Zellleibes. Nach der Theilung erscheinen die Kerne als schaalenartige oder halbmondförmige Gebilde, welche von ihrer ausgehöhlten Seite bald dickere, bald feinere Ausläufer entsenden. Erst später wird eine Begrenzung gegen die Zellsubstanz nachweisbar. Die Kerne runden sich ab, ihre Substanz erscheint aus Körnern und Fäden zusammengesetzt. Später tritt auch die lichte Zwischensubstanz in den Kernen auf.

Besonders interessant ist, dass Arnold in den sich zur Theilung anschickenden Zellen auch drei- und vierstrahlige Figuren, die sich aus dunklen glänzenden Körnern und Fäden zusammensetzten, beobachtet hat. Dann sah er auch wiederholt Zellen mit drei und vier jungen Kernen, die noch durch Systeme feiner Fäden verbunden waren. Es mag also in der That hier Ausbildung mehrpoliger Kernfiguren und deren gleichzeitige Theilung in drei bis vier Tochterkerne vorgelegen haben.

Auch Peremeschko[1]) untersuchte auf Zelltheilung den Schwanz und die Schwanzflosse junger Tritonlarven. Er beobachtete die Theilung der Epithelzellen, der sternförmigen Bindegewebszellen, der weissen Blutkörperchen[2]), endlich auch der spindelförmigen Zellen, aus welchen die Blutcapillaren sich entwickeln. Peremeschko beschreibt zunächst den Vorgang in den Epithelzellen. Bei curarisirten Thieren, welche eine halbe Stunde in 1% Kochsalzlösung gelegen, sollen die Zellen deutlich hervortreten und auch die Zellkerne sichtbar werden. Letztere sind in einigen Zellen gross, in anderen viel kleiner, sie bestehen aus feinkörniger Masse und enthalten in ihrem Innern theils runde theils verlängerte Körner, zwischen welchen hie und da kurze, untereinander zuweilen verbundene Fädchen liegen. Ob Kernkörperchen vorhanden sind, war nicht festzustellen. Es ist schwierig, ja kaum möglich, an lebenden Objecten die Kernkörperchen von Körnern, die in den Kernen auftauchen, zu unterscheiden. Fadenförmig differenzirte Kerne nehmen fast den ganzen Leib der Zelle ein. Die Form des Kerns verändert sich; der knäuelförmige Kern wird baumförmig, dann wohl auch sternförmig; dabei wird er bald blasser, bald tritt er schärfer hervor. Die Fäden werden bald dicker, bald dünner, länger oder kürzer, gerade oder gekrümmt. Diese Veränderungen sind sehr langsam und manchmal mit schwacher Locomotion des ganzen Kerns verbunden. Der Kern wird hierauf sehr blass, fixirt man ihn mit Alkohol, so tritt er in Gestalt zweier Sterne hervor; einige Strahlen derselben kreuzen sich unter einander. Bald darauf nimmt der Kern mehr oder weniger regelmässige Sonnenform an. In dieser Sonne sind einige Fäden zerrissen, diejenigen nämlich, welche am weitesten von der Axe der Sonne entfernt sind. An den nicht zerrissenen Fäden erscheinen beinahe

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVI, p. 437, 1879.

2) Von Mayzel (brieflich) und von Flemming (in einem noch zu besprechenden Aufsatz) wird bezweifelt, dass es sich hierbei um weisse Blutkörperchen handelte.

im Aequator der Sonne kleine Verdickungen, die aber nicht genau in derselben Ebene liegen. An dieser Stelle zerreissen endlich die Fäden und die Sonne theilt sich in zwei gleiche Theile; dadurch sind zwei neue Kerne gebildet. Fäden werden zwischen den beiden Kernhälften nicht ausgesponnen. Hierauf schnürt sich die Zelle ab. Die Furche tritt erst an der einen, dann bald auch an der entgegengesetzten Seite auf. In die Furche werden von der sich theilenden Zelle amöboide Fortsätze getrieben. Die neuentstandenen Kerne verändern noch eine Zeit lang ihre Form. Dann beginnen die sie bildenden Fäden zusammenzufliessen und erzeugen eine etwas glänzende, compacte Masse, was namentlich in besonderen, netzförmig differenzirten Zellen zu constatiren war. Die Zelltheilung kann ausbleiben; so entsteht eine Zelle mit zwei Kernen. Die Theilung des Zellkörpers steht aller Wahrscheinlichkeit nach unter dem Einfluss des Kernes.

E. Klein[1]) beschreibt wieder directe Theilung durch Abschnürung an den Riesenkernen der Epithelzellen der grossen Drüsensäcke im Schwanze des Triton cristatus. Besonders auf heizbaren Objecttischen wölben die gen. Kerne grössere oder kleinere Buckel hervor, die sich vergrössern oder wieder eingezogen werden. In vielen Fällen soll die Abschnürung solcher grösserer oder kleinerer Buckel erfolgen. In der Epidermis von Tritonlarven beobachtete Klein Kern- und Zelltheilung mit einem Resultat, das im Wesentlichen mit den Angaben von Flemming und Peremeschko übereinstimmt. Klein ist der Meinung, dass im jungen Thier sich alle Kerne auf „indirektem" Wege theilen, in ausgewachsenen Thieren viele von ihnen aber diese Fähigkeit verlieren und sich nur noch „direct" durch Spaltung vermehren.

Die Beschreibung, welche Fol[2]) in seiner grossen Arbeit: „Recherches sur la fécondation et le commencement de l'hénogénie chez divers animaux", von dem Furchungsvorgang giebt, ist die letzte, die bis jetzt über diesen Gegenstand erschien. Ueber das Verhältniss der ersten Spindel (der Richtungsspindel) zum Keimfleck des Keimbläschens macht Fol weniger bestimmte Angaben als Hertwig. So sagt er beispielsweise auf Seite 20 für Asterias: ich ziehe es vor, die Theilnahme des Keimflecks an der Bildung des Richtungsamphiasters für unwahrscheinlich zu halten, ohne es

---

1) Centralblatt für med. Wiss. 1879, p. 289 und Quarterly Journal of Microscopical science. Vol. XIX, 1879, p. 404.

2) Mémoires de la soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève. T. XXVI, 1879.

jedoch zu wagen, sie ganz in Abrede zu stellen. Es ist jedenfalls sicher, dass der grösste Theil des Keimflecks sich einfach in der Substanz des Keimbläschens auflöst.

Der Vorgang der Furchung wird besonders eingehend bei Toxopneustes lividus geschildert. Zwanzig Minuten etwa nach vollzogener Befruchtung sammelt sich um den Zellkern eine durchsichtige Substanz, die, wie Reagentien zeigen, aus Protoplasma besteht. Der Dotter zeigt eine radiäre Structur, die fast überall die Peripherie erreicht. Diese radiäre Structur rührt von der entsprechenden Anordnung der Dotterkörnchen her; in der Nähe des Zellkerns lassen diese Körnerreihen helle, radiale Streifen zwischen sich, gebildet von einer Substanz, die identisch ist mit der um den Zellkern angesammelten. Die farblosen Streifen sind schon zu einer Zeit vorhanden, wo der Zellkern noch keinerlei Grössenabnahme erfuhr, woraus hervorgeht, dass die Theorie von Auerbach, wonach diese hellen Linien die Wege des aus dem Zellkern entweichenden Saftes bedeuten sollen, unmöglich ist. Da aber das Protoplasma sich auf diesen Zuständen um den Zellkern sammelt, statt sich von demselben zu entfernen, so scheint es rationeller an centripetale Strömungen zu denken.

Auf nächstem Entwicklungszustande zeigt der Zellkern im frischen Zustande keine scharfen Contouren mehr, doch tritt er fast unverändert hervor bei Anwendung von Säuren. Er zeigt sich nur etwas verlängert. Das den Zellkern umgebende farblose Plasma bildet jetzt um denselben einen ellipsoiden Discus. Von diesem gehen die Strahlen ab. Nach längerer Ruhe sammelt sich das farblose Plasma an zwei entgegengesetzten Polen des Zellkerns an, die radiären Streifen gehen von hier aus. Der Zellkern ist auch in der folgenden Phase nicht mehr deutlich im frischen Objecte zu sehen, Säuren lassen ihn hervortreten. Er hat die Form einer Citrone mit ungleich dicker Wandung; im Innern befindet sich eine helle Substanz, in der grobe, unregelmässige Körnchen suspendirt sind; einige dieser Körnchen zeichnen sich durch ihre Grösse und stärkere Lichtbrechung aus. An den zugespitzten Enden zeigt die Wandung je eine nach aussen vorspringende Verdickung, welche dem Strahlensystem zum Centrum dient. Diese Systeme können als „Astern“ bezeichnet werden, und beide Astern werden sich, mit Hilfe der Kernsubstanz, zu einem „Amphiaster“, dem ersten „Theilungs-Amphiaster“ vereinigen. Bei entsprechender Behandlung mit Osmiumsäure überzeugt man sich, dass die Wandung des Kerns an den beiden

Polen alsbald fehlt. Rasch folgt jetzt das Stadium, wo im frischen Zustand die Hantelfigur zu sehen ist. Mit Säuren tritt der typische Amphiaster mit bipolaren Fäden hervor und der Anschwellung in der Mitte jedes Fadens, in einem Worte die typische Kernspindel mit Kernplatte und den beiden Sonnen an den Polen. Von einer Kernwandung ist nichts mehr oder nur Spuren zu sehen. Am Aster ist zu unterscheiden, die innere, helle Substanz und um diese, scharf von ihr abgegrenzt, eine Ansammlung von Körnchen in auffallend feiner und regelmässiger, radiärer Textur. In der Mitte der hellen Substanz liegen eine Anzahl Körner. Sie befinden sich im Convergenzpunkte der intranuclearen und extranuclearen Fäden, doch erreichen diese Fäden nicht diese Körnchen, sie enden in der Regel am Rande der hellen Substanz und nur ausnahmsweise lassen sich einige der intranuclearen Fäden, in sehr blasser Fortsetzung, bis an diese Körnchen verfolgen. Die Grenze der hellen Substanz ist viel weniger scharf ausgeprägt von der Seite der Kernspindel als in ihrem übrigen Umkreis. Das centrale Körnerhäufchen, so wie die Kernspindel sind in einer Richtung abgeflacht, das Körnerhäufchen in Gestalt einer Sichel, die ihre Concavität der Kernspindel zukehrt. Es soll bei Anwendung von Essigsäure ganz klar werden, dass die Elemente der Kernplatte eine Anschwellung der bipolaren Fäden sind. Essigsäure mit nachherigem Zusatz von Glycerin zeigt auch die unipolaren Strahlen mit unregelmässigen Anschwellungen in ihrem Verlauf. Mit Chlorgold färben sich die hellen Sonnen und ihre Strahlen violett; die Kernspindel färbt sich nicht, das umgekehrte findet statt, wenn man auf die Essigsäurereaction die Färbung mit ammoniakalischem Carmin folgen lässt. Während der nächsten Entwicklungsperiode theilen sich die Elemente der Kernplatte und bewegen sich nach den protoplasmatischen Ansammlungen der Sonnen. Im frischen Zustande ist von diesem Vorgange wenig zu sehen, ausser einer Verlängerung der centralen Partie des Amphiaster, des Wachsthums der protoplasmatischen Ansammlungen der Sonnen und der Längenzunahme der Strahlen, welche schliesslich die Oberfläche des Eidotters erreichen. Gleichzeitig verändert der Dotter seine Gestalt in dieser und jener Richtung, doch mit der Tendenz sich in der Richtung der Axe des Amphiasters zu verlängern. Die Körnchen der beiden Hälften der Kernplatte entfernen sich mit grosser Regelmässigkeit von einander, gleichzeitig nehmen sie an Grösse zu. Die zusammengehörigen Körnchen eines jeden Paares sind, während sie sich von einander

entfernen, durch je einen sehr blassen, kaum sichtbaren Faden, der alsbald verschwinden wird, verbunden. Fol nennt sie „filaments connectifs“. Verbindungsfäden, eine Bezeichnung die auch ich in diesem Buche angewandt habe. Die Abflachung des Amphiasters nimmt inzwischen zu. Während des Wachsthums der protoplasmatischen Ansammlungen werden die Contouren derselben unregelmässiger und weniger scharf. Die Körnerhäufchen in deren Centrum nehmen auch an Masse zu, doch nur in einer Richtung, so dass sie zu einer mehr oder weniger regelmässigen cylindrischen Walze werden. Bei Behandlung mit Osmiumsäure und Carmin sieht man nicht die Verbindungsfäden zwischen den Kernplattenhälften, doch tritt diese Partie gegen die Umgebung wegen ihrer grösseren Gleichmässigkeit und reineren Carminfärbung hervor. In der Zeit, da die Kernplattenhälften die hellen Plasma-Ansammlungen erreichen, beginnt am lebenden Ei die erste Theilung des Dotters. Derselbe schnürt sich fortschreitend ein, senkrecht zur Längsaxe des Amphiasters, in einer Ebene, die durch einem Raum geht, der von den Strahlen der beiden Sonnen frei gelassen wird. In diesem Augenblick sieht man die mittlere Partie des Amphiasters, richtiger des intranuclearen Strangs sich strecken und immer mehr in seinem Aussehen der umgebenden Substanz sich nähern; er schwindet in dem Maasse als die Theilungsfurche sich vertieft. Die Sonnen entfernen sich von einander und die Strahlen zeigen sich in deren ganzem Umkreise. Die mit Pikrinsäure behandelten Präparate lehren, dass die plasmatischen Ansammlungen der Sonnen sich abgerundet haben. Auf der Seite der zuvorigen Kernspindel sieht man eine Anzahl kleiner kugeliger Körper, entweder noch in einer Ebene angeordnet, oder schon ohne Ordnung zerstreut. Jedes dieser Körperchen ist inwendig hohl, die Grösse der Körperchen ist übrigens eben so veränderlich wie die Grösse der Höhlung. Es ist leicht durch Mittelstufen nachzuweisen, dass die Körper aus den Elementen der Kernplattenhälften hervorgegangen sind. Eine andere Gruppe viel kleinerer Kügelchen befindet sich an der entgegengesetzten Seite der plasmatischen Ansammlung, diese sind nicht hohl und gehen jedenfalls aus dem centralen Körnerhäufchen der Sonne hervor. Die Vertheilung aller dieser Körnchen und selbst die Gestalt der Sonne sind übrigens sehr variabel. Es kommt vor, dass die grösseren und kleineren Körner sich vermengen, ohne eine bedeutende Grösse erreicht und sich nicht einmal ausgehöhlt zu haben; oder die grösseren Körner haben sich ausgehöhlt und selbst mit je einem Nucleolus versehen, bevor sich

die kleineren Körner constituirt haben. Mit Osmiumsäure und Carmin erscheinen die grösseren Körner solid und homogen. Am lebenden Object wird nun die Einschnürung des Eies in zwei Hälften vollendet; die hellen Plasma-Ansammlungen entfernen sich so weit von einander, dass sie über die Mitte jeder Eihälfte hinausgehen und sich deren Aussenseite nähern. Sie sind nicht mehr rund, sondern mehr oder weniger kegelförmig oder birnförmig. Es sieht aus, als zögen sie in ihrer centrifugalen Bewegung einen Schweif nach, den Rest des hellen Strangs, der sie vor der Theilung vereinigte. Statt gerade zu sein, erscheinen die Strahlen jetzt gekrümmt, in der Richtung zur Theilungsebene. Pikrinsäure-Präparate zeigen die aus den Kernplattenhälften hervorgegangenen Körner noch vergrössert und unregelmässig vertheilt. Ihre Höhlung ist grösser und kann schon ein stark lichtbrechendes Körnchen enthalten, das sich wie ein Nucleolus verhält: es sind wirkliche kleine Kerne. Je grösser diese Kerne, um so weniger zahlreich, was die Vermuthung erweckt, dass sie mit einander verschmelzen. Die Strahlen, welche die Sonnen umgeben, werden immer heller und kürzer. Mit Osmiumsäure und Carmin zeigen sich die aus den Kernplattenhälften hervorgegangenen Elemente zu zwei oder drei kleinen, einander berührenden Kernen ausgebildet. Sie erscheinen solid, bis auf wenige, kleine Vacuolen in ihrem Innern. Die Körnchen der Sonnenmitte sind fast homogen und klein. Zunächst in die Mitte der Sonne gestellt, nähern sie sich den jungen Kernen, mit denen sie sich schliesslich vereinigen. Im lebenden Zustande sieht man hierauf die beiden getrennten Eihälften sich gegen einander abflachen. Die Strahlen der Sonnen erscheinen noch als sehr kurze, gerade Linien. Die protoplasmatischen Ansammlungen nehmen ab und erhalten eine längliche in der Mitte etwas eingeschnürte Form. Die Behandlung mit Säuren lehrt, dass die kleinen Kerne der Sonnen zu drei oder zwei und schliesslich zu einem einzigen Bläschen verschmelzen, welches die ganze Substanz der centralen Ansammlung zu absorbiren scheint. Die Ansammlung schwindet somit, die Strahlen werden ausgelöscht und der junge Zellkern ist von der Substanz des Dotters, die keinerlei besondere Anordnung verräth, unmittelbar umgeben.

Die zweite Theilung folgt beim Seeigel fast unmittelbar auf die erste.

Bei Heteropoden: Pterotrachaea mutica und Pt. Friderici soll deutlich zu sehen sein, dass bei Anlage der ersten Richtungsspindel aus dem Keimbläschen die intranuclearen Strahlen an den Sonnen

beginnen und in das Innere des Keimbläschens fortwachsen. Der Inhalt des Kerns hängt unmittelbar mit der centralen Ansammlung innerhalb der Sonnen zusammen, die Membran fehlt an diesen Stellen. Das Keimbläschen enthält zunächst ein plasmatisches Netz, dieses schwindet in dem Maasse, als die Bildung der intranuclearen Fäden fortschreitet, es wird schliesslich zur Bildung derselben verbraucht. Woher die Kernplattenelemente stammen, wurde nicht ganz klar. Man findet zur Zeit, da sich die intranuclearen Fäden treffen sollen, öfters Körnchen, die in dem protoplasmatischen Netze des Kerns suspendirt sind. Andre Male sieht man ähnliche Körperchen an den nuclearen Fäden. Diese Fäden selbst sind an ihrem noch freien Ende keulenförmig angeschwollen, und es könnte sein, dass alle die in Frage stehenden Körner von diesen Anschwellungen stammen.

Bei der Theilung wird hier in mittlerer Länge der blassen Verbindungsfäden eine fein fibrilläre Region sichtbar.

Die Mitte der Sonnen nimmt ein centrales Körperchen ein, das unmittelbar von körniger Substanz mit radialen Linien umgeben erscheint.

Die Elemente der Kernplattenhälften verschmelzen zu zwei oder drei Kernen, welche sofort anschwellen und bläschenförmig werden. Jeder zeigt eine deutliche Hülle und unregelmässige Körnchen. Diese Bläschen, oder doch wenigstens eines derselben, verlängern sich in der Richtung des centralen Körperchens der Sonne und zeigen hier eine Oeffnung, wie den Hals einer Flasche, der sich fast bis zur Berührung mit dem centralen Körperchen streckt. Bald verschmelzen die Bläschen zu je einem Kern mit dicker Wandung und einem grossen, öfters gelappten Korne. Der Kern hat immer noch die Gestalt einer Fiole, die sich nach dem Centrum der Sonne öffnet und das grosse Korn, das in der Fiole steckt, ist in derselben Richtung zugespitzt. Der centrale Körper der Sonne ist hiermit verschwunden, wahrscheinlich absorbirt durch den Kern, und die helle Substanz des Sonnen-Innern setzt sich unmittelbar in den Inhalt des Kerns fort. Es scheint, dass diese Substanz somit in den Kern dringt, der auf ihre Kosten wächst, um endlich sich abzurunden und allseitig zu schliessen. Von einem Nucleus zum andern ist noch die gestreifte Substanz zu verfolgen, der Rest des internuclearen Stranges, der bestrebt ist, in dem umgebenden Plasma zu verschwinden. Die ausgewachsenen Kerne nehmen die Stellen der Sonnen ein.

Fol fasst die Resultate seiner Untersuchungen über die Thei-

lung folgendermaassen zusammen [1]): Zuerst eine Sternfigur, deren Mitte der Zellkern einnimmt. Der Zellkern ist noch intact, doch etwas weniger deutlich, das scheint zu zeigen, dass Kräfte im Spiele sind, die gleichzeitig auf den Zellkern und das Protoplasma des Dotters wirken. Es zeigen sich jetzt die neuen Attractionscentren an den Polen, ihre Natur ist nicht aufgeklärt, doch so viel ist sicher, dass an diesen Orten ein Uebergang stattfindet zwischen der Kernsubstanz und dem Protoplasma, dass es die Verschmelzungspunkte beider Substanzen sind. Die Strahlen oder Plasmafäden des Amphiasters treten um die Sonnencentren auf und verlängern sich nun gleichmässig nach allen Richtungen. Die intranuclearen Fäden sind die einzigen, die sich mit ihren Enden vereinigen, die andern bleiben unipolar und treffen nie auf einander, wenn sie sich auch bedeutend nähern können. Beide Arten von Fäden tragen Anschwellungen, doch die Anschwellungen der extranuclearen Strahlen scheinen keine andere Bedeutung zu haben, als die, ihre Masse derjenigen der protoplasmatischen Ansammlung der Sonne beizufügen, während die intranuclearen Anschwellungen sich in der Nähe der Mitte jeder Sonne zu einem oder zu einer kleinen Zahl Körperchen vereinigen, welche anschwellen, zu einem einzigen Bläschen verschmelzen, und so den Ursprung dem neuen Kern geben. Die Körnchen, welche das Centrum der Sonnen einnehmen, tragen auch zur Bildung der Kernelemente bei, welche sich auf Kosten der plasmatischen Ansammlungen der Kerne vergrössern. Die Verbindungsfäden bleiben von den Kernen ausgeschlossen und tragen nicht zu deren Bildung bei. Die neuen Kerne absorbiren somit nur einen Theil der Substanz des alten, eignen sich aber dafür Stoffe an, die zuvor dem Dotter gehörten.

Fol beschreibt, dass wenn zwei Spermakerne bei Asterias mit dem Eikern verschmelzen, der Keimkern bei beginnender Theilung sofort zu einem Tetraster wird. Dieser Tetraster soll, in typischen Fällen, eingeleitet werden, durch das Auftreten von vier Attractionscentren an der Oberfläche des Keimkerns. Hierauf entwickeln sich, die Sonnen und deren intranucleare Strahlen. Letztere ordnen sich zu vier Strängen an, gelagert wie die Seiten eines Vierecks, dessen Winkel die Sonnen einnehmen. Dann sollen sich die Kernplatten spalten und so acht kleine Gruppen erzeugen, die sich zu vier Gruppen, in der Nähe der entsprechenden Sonnen vereinigen. Jede dieser Gruppen entsteht also von zwei benach-

1) l. c. p. 196.

barten Spindeln aus[1]). Die neuen Kerne werden nun in gewohnter Weise gebildet. Diese Theilung des Kerns in vier Theile ist begleitet von entsprechender Theilung des Eies, welches gleichzeitig in vier gleiche Zellen zerfällt. Solche Zellen sollen sich weiter durch Zweitheilung vermehren, aber doch monströse Larven geben.

. Frei gebliebene Spermakerne können sich für sich theilen. Die Substanz des Dotters gruppirt sich ebenso um die Kerne, die aus der Theilung der Spermakerne hervorgehen, wie um solche, die den copulirten Kernen (Keimkernen) ihren Ursprung verdanken. Der Vitellus zerfällt dann simultan in eben so viel Kügelchen, als Kerne vorhanden sind[2]).

W. Schleicher[3]) macht in einer kleinen Mittheilung einige berichtigende Angaben über den Bau der Kerne in Knorpelzellen. Es kommen dort nur selten ganz homogene Kerne vor, meist aber wird der Kern von festen Elementen gebildet, die sehr dünn, doch in andern Objecten auch wieder dicker sind. Die Elemente im Innern der Kerne führen Bewegungen aus, und die Kerne selbst verändern ihre Gestalt unter günstigen Bedingungen ganz bedeutend. Es ist dann nicht schwer, einseitig eingeschnürten Kernen zu begegnen. Schleicher sah einen Kern von so ausgeprägter Bisquitform, dass er jeden Augenblick eine Theilung dieses Kerns erwartete. Letztere fand aber nicht statt, vielmehr hatte nach einiger Zeit die Membran wieder regelmässigere Form gewonnen.

L. Mark[4]) beschreibt neuerdings die Spindeln in den Eiern von Limax. Die Fasern der Spindel sollen zunächst nicht leicht von denjenigen der Sonnen zu unterscheiden sein, dann aber deutlicher werden und eine Kernplatte erhalten. Die Pole der Spindel, besonders der äussere, differenziren sich zu einem stark lichtbrechenden homogenen, ovalen Körper von bedeutender Grösse. Zwischen den auseinanderweichenden Kernplattenhälften werden Richtungsfäden ausgespannt. Bei der Abschnürung des ersten Richtungskörpers soll eine Zellplatte von stark lichtbrechender Substanz gebildet werden. Die Sternfiguren des ersten Theilungsamphiasters treten auf noch vor dem Verschmelzen der Pronuclei. Die Verschmelzungsfläche braucht nicht in der Mitte zwischen

1) l. c. p. 199.
2) l. c. p. 202.
3) Bull. de l'Acad. roy. de Belg. 2me ser. T. XLVII, Nr. 6, 1879.
4) Zool. Anzeiger 1879, 493.

beiden Sternfiguren zu liegen. Sie können beide an der Oberfläche des einen Pronucleus entstehen, auch nur ein Stern zunächst auftreten. Die Verschmelzung der Pronuclei und die Ausbildung der Spindel sind gleichzeitige Vorgänge. Die centralen Höfe des Theilungsamphiasters enthalten körnige Bildungen, und die Strahlen zeigen Zonen von Verdickungen concentrisch zu den Höfen, noch vor Bildung der Kernplatte. Es findet nunmehr die Bildung und Spaltung der Kernplatte statt, auf welche eine Einschnürung des Dotters, zunächst am animalen Pole, folgt. Hat die Einschnürung die Verbindungsfäden erreicht, so werden dieselben zunächst weggedrängt und gebogen, worauf sich eine Zellplatte als Verdickung der Verbindungsfäden zeigen soll. Die Fasern in der Kernspindel sind bei Limax besonders zahlreich.

In den Bindegewebszellen der Tritonlarven fand Peremeschko[1]) im Wesentlichen denselben Theilungsprocess wieder wie in den Epithelzellen. Während der Kerntheilung werden die Fortsätze der Zelle blass und verschwinden in seltenen Fällen ganz, die Zelle wird rund und kann, wenn sie nicht gross ist, mit einem sich theilenden weissen Blutkörperchen verwechselt werden. In anderen Fällen verschwinden nur einige Fortsätze, andere dagegen werden sehr fein und blass, die Zelle behält ihre polygonale Gestalt. In anderen seltenen Fällen bleiben die Fortsätze sonst unverändert, erhalten aber kurze Ausläufer. In der Zeit, wo die beiden Schwesterzellen nur noch durch eine schmale Brücke zusammenhängen, werden die Fortsätze reconstruirt.

In der structurlosen Intercellularsubstanz der Flossen zwischen den Bindegewebszellen befinden sich immer in grösserer oder geringerer Anzahl wandernde Zellen, von denen man feststellen kann, dass sie weisse Blutkörperchen sind[2]). Das Protoplasma dieser Zellen ist zuweilen gleichmässig glänzend, oder auch körnig matt, der Kern unsichtbar. Die sich theilende Zelle ist merklich vergrössert und regelmässig rund. Der Theilungsprocess des Kerns geht wie in dem Epithel und den Bindegewebszellen vor sich, doch wie es scheint viel rascher, denn die Theilung des Kerns dauert nur 20, die der Zelle 5 bis 8 Minuten. Die Theilung der weissen Blutkörperchen wurde auch im Innern der Blutgefässe beobachtet.

Auch der Process der Theilung der Endothelzellen in den

---

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVII, p. 168, 1879, October.

2) Vergl. die früher gemachte Anmerkung.

Wänden der Blutcapillaren entspricht schon geschilderten Vorgängen: so auch die Theilung derjenigen Kerne, die sich an feinen blassen Nervenfasern befinden und die Theilung der Kerne der quergestreiften Muskelfasern.

Einen hellen Hof um die Kerne hat Peremeschko an lebendigen Tritonlarven nie gesehen, an todten nur sehr selten, er hält ihn für ein Kunstproduct. Die Bildung der Kernplatte und Zellplatte hat Peremeschko bei Tritonlarven nie beobachtet. Die neugebildeten Kerne bleiben zuweilen lange mit einem oder zwei Fäden untereinander verbunden, solche Fälle sind aber selten und werden von Peremeschko zu den Anomalien gerechnet.

Einen solchen Gang der Differenzirung in den getrennten Kernhälften, wie ihn Schleicher beschrieb, konnte Peremeschko niemals beobachten. Dann zieht er in Frage die Regelmässigkeit der Aufeinanderfolge der ersten Theilungsphasen, wie sie Flemming beschrieb. Bei den Tritonlarven waren auch nicht die von Flemming an Salamandralarven beschriebenen Differenzirungen, welche umgekehrt wie im Mutterkern durchlaufen werden sollen, zu beobachten.

Jakimovitsch[1]) untersuchte die Regeneration der glatten Muskelfasern. Als Object diente ihm der Magen von Amphibien und Säugethieren. Die Kerne theilten sich gewöhnlich in zwei Theile und aus jedem neugebildeten Kerne, wahrscheinlich in Folge der Differenzirung der ihn umgebenden Plasmamasse, bildete sich eine neue Muskelfaser. Die Kerne vergrössern sich vor Allem, wobei ein Netz aus dicken Fasern zum Vorschein kommt. Die Fasern bilden gewöhnlich ein längliches Knäuelchen. In anderen Kernen besteht das Netz aus etwas dickeren und weniger geschlängelten Fasern. In diesen Kernen theilt sich das Knäulchen in zwei Theile, welche sich in Folge des Zerreissens der Fäden von einander entfernen. Zwischen diesen Theilen erscheint ein heller Zwischenraum; in diesem kommt zuerst ein dunkler Streifen zum Vorschein; dann bildet sich an dieser Stelle eine seichte Rinne, welche sich nach und nach vertieft und somit den Kern in zwei Hälften theilt. Diese letzteren gehen entweder in der Polarrichtung der Muskelfasern auseinander oder legen sich parallel zu einander.

In seiner neuesten Publication hält Flemming[2]) an der An-

1) Centralblatt für med. Wiss. 1879, p. 897.

2) Beiträge zur Kenntniss der Zelle und ihrer Lebenserscheinungen II. Th. Archiv für mikr. Anat. Bd. XVIII, p. 151, 1880.

sicht fest, dass ein anderer Vermehrungsmodus als der der Zelltheilung mit „indirecter" Kernvermehrung, wenigstens für fixe Gewebszellen, nicht nachgewiesen ist. Die eingeschnürten und gelappten Kernformen, die Klein vor Kurzem beschrieb, berechtigen nicht zur Annahme einer „directen" Kerntheilung, Niemand hat eine solche unter seinen Augen sich abspielen sehen. Flemming hat stundenlang solche Kerne beobachtet, stets mit negativem Erfolg.

Gegen Peremeschko bemerkt Flemming: dass eine der Theilung vorangehende Vergrösserung des Kerns nicht nothwendig ist; dass die im Kerne angegebenen Körner nur optische Durchschnitte von Fäden sind; dass im Stadium der Aequatorialplatte die Fäden in der Mitte nicht auseinanderzureissen brauchen, dass vielmehr die Fäden der Tochterkernanlagen in diesem Stadium bereits getrennt sind; dass die rückläufige Metamorphose für die Tochterkerne gilt; ein homogenes Stadium derselben nicht existirt. Flemming ist nicht davon überzeugt, dass die von Peremeschko untersuchten rundlichen Zellen wirklich farblose Blutzellen gewesen wären.

Die hellen Höfe um Kernfiguren, die Peremeschko für Artefacte erklärt, können solche nicht sein, da sie auch an lebenden Epithelialzellen von Salamandra zu beobachten sind. Durch Reagentienwirkung können sie aber vergrössert werden.

In den Hodenepithelien von Salamandra ist Flemming neben den gewohnten Theilungsphasen eine Form durch ihre Fremdartigkeit aufgefallen: ein Stadium, das offenbar der „Aequatorialplatte" (Kernplatte) entspricht. Es präsentirt sich wie eine bauchige Fischreuse. Je zwei Fäden biegen an den Polen in einander um, in der Aequatorialebene sucht man aber vergeblich nach deutlicher Unterbrechung der Fäden, „wie sie bei anderen Zellenarten so ersichtlich vorkommt". Dieser Widerspruch soll auch nur scheinbar sein. Erstens soll man in manchen Fällen deutliche Unterbrechungen im Aequator wahrnehmen, dann bei Anwendung von Reagentien solche, oder blosse Aufblähungen, an anscheinend continuirlichen Fäden auftreten sehen, ein Zeichen dass hier eine differente Beschaffenheit des Fadens vorliegt. Auch sind auf vorausgehenden Stadien getrennte Fadenschleifen gegeben, so dass der spätere äquatoriale Zusammenhang der Fäden nur eine temporäre Berührung oder Verschmelzung der einander gegenüberstehenden Fadenenden repräsentiren kann. Bei der Trennung der Tonnenhälften bemerkt man oft, dass zwei vorher ver-

schmolzene Fadenenden einen dünnen Strang zwischen sich ausziehen, der erst später durchreisst. Diese Stränge tingiren sich. Andere nicht tingirbare werden erst nach dem Auseinanderweichen der Aequatorialplatte deutlich. Sie bilden eine blasse, sich nicht färbende Spindel, innerhalb der sich färbenden Elemente der Aequatorialplatte. In manchen Fällen sah Flemming auf vorgeschritteneren Stadien, zwischen den auseinandergewichenen Elementen der Aequatorialplatte Andeutungen äquatorialer Differenzirung.

Untersuchungen des Mundboden-Epithels und der Bindegewebstheile des Kopfes und der Schwanzflosse bei Krötenlarven ergaben dieselben Resultate wie bei Salamandra. Es sollen aber bei den Batrachiern, bei den Säugethieren und Pflanzen, die Kernfiguren leichter durch Reagentien entstellt werden, namentlich die „Stern- und Knäuelphasen" der Tochterkernpaare können dann wie homogene Klumpen erscheinen.

Die Kerntheilung im Knorpel der Batrachier dürfte sich nach Flemming wie bei Salamandra verhalten und die Angaben Schleichers in diesem Sinne zu verbessern sein.

Flemming untersuchte auf Zelltheilung auch Allium und Nothoscordum, um meine Angaben zu prüfen. Er ist der Ansicht, dass auch von den Anfangsstadien der Theilung nicht behauptet werden kann, dass sie aus Körnern und nicht aus Faden beständen, dass übrigens die Entscheidung an diesen Kernen unmöglich sei. Der Analogieschluss von Salamandra aus scheint Flemming aber voll berechtigt zu sein: dass es auch bei Allium und Nothoscordum Fäden sein müssen. Sternformen des Mutterkerns hat Flemming nicht in gewünschter Deutlichkeit bei Pflanzen gefunden, doch immerhin einen deutlich radiären Bau und das namentlich in Tochterkernen sehr auffällig. Eine Kernplatte besteht nach Flemming aus zwei Systemen etwa gleich langer und gleich dicker Fäden, die je einem künftigen Tochterkern entsprechen, jeder Faden ist zu einer Schleife geknickt, die den Umbiegungswinkel nach dem betreffenden Pol kehrt; die äquatorialen Enden der beiden Fadengruppen liegen zwischen einander geschoben oder einander etwa gegenüber. „Eine Continuitätstrennung der Fäden beider Tochterkerngruppen findet von diesem Stadium aus nicht mehr statt, sie hat schon vorher stattgefunden, nur kann allerdings eine temporäre Verschmelzung und dann Trennung von Fadenenden jetzt stattfinden." In diesem Sinne zeichnet Flemming ich die Kernplatte von Allium odorum. wobei er bemerkt, dass

er die Verhältnisse in dieser Figur so darstellt, wie sie ihm zu sein scheinen und wie sie jedenfalls sein können. Sie lägen schon zu sehr an der Grenze des Erkennbaren. So viel sei ganz sicher, dass es Fäden und nicht Körner seien, wie ich sie abgebildet hätte. Somit dürften die Kernplatten der Pflanzen im Wesentlichen in derselben Art gruppirt sein wie bei Thieren. Flemming zweifelt daran, dass die Tochterkerne homogen werden könnten. Lebende Objecte seien hier nicht beweisend und wenn auch nach Einwirkung von Reagentien die Tochterkernpaare homogen erscheinen, so liege eine künstliche „Verklumpung" der Fadenwindungen vor. Besonders leicht verklumpend wirke der Alkohol. Auch die Angaben über Verschmelzung der Fäden der Tochterkernfiguren an der Polseite hält Flemming als durch Artefacte veranlasst. Vielleicht möglich, dass diese Verhältnisse, meint er, überhaupt nicht bei den Pflanzen zu entscheiden seien, oder dass auch nur Berührung vorliege, wo Verschmelzung angenommen wird. Nimmt man aber Verschmelzung an, so ist die Homologie zwischen Thier- und Pflanzenzellen zerstört. Flemming glaubt, dass auch Längsspaltung der Fäden bei Pflanzen vorkommt, wenn auch viel undeutlicher als in Thierzellen. Flemming ist weiter der Meinung, dass auch in Pflanzenzellen die Tochterkerne die rückläufige Metamorphose durchmachen: Tochtersterne, Tochterknäuel; meine eigenen Beschreibungen scheinen ihm dafür zu sprechen. Als Differenz zwischen Pflanzenzellen und Thierzellen hebt Flemming das längere Erhalten der Nucleolen und ihr früheres Wiedererscheinen hervor; dann das deutlichere Vortreten der „blassen, nicht tingirbaren Fäden, die noch innerhalb der tingirbaren Kernfigur in axialer Lagerung vorkommen." Dasselbe sei jedoch auch bei manchen Thierzellen der Fall und Flemming denkt, „dass diese Fäden, in mehr oder minder deutlicher Ausprägung, ganz wohl ein allgemeines Vorkommen bei der indirecten Zelltheilung sein können." Flemming schliesst den Abschnitt über Pflanzenzellen mit der Bemerkung, dass, wenn alle meine bisherigen Ansichten aufrecht gehalten würden, hierdurch so erhebliche Differenzen zwischen Thier- und Pflanzenzellen bedingt wären, dass es sehr schwer sein würde, auf gleiche wirkende Kräfte zu schliessen.

Weiter giebt Flemming an, Knäuel und Sternformen gefunden zu haben in verschiedenen Geweben bei Kaninchenembryonen, dann bei saugenden Kätzchen und zwar in der Form wie bei Salamandra.

Auch bei der Theilung thierischer Eizellen, glaubt Flemming, dass sich Knäuel- und Sternformen werden nachweisen lassen.

Flemming schliesst mit der Annahme, dass die für Salamandra aufgestellte Reihe von Kerntheilungsfiguren: Ruhe (Gerüst) — Knäuel — Stern — Aequatorialplatte für den Mutterkern, Stern — Knäuel — Ruhe (Gerüst) für die Tochterkerne, bei allen Zellenarten überhaupt Geltung habe.

Der zweite Abschnitt von Flemming's Aufsatz behandelt „neue Ergebnisse über Morphologie und Mechanik der Zelltheilung". Flemming meint, dass die Nucleolen nicht die zunächst wichtigen und ausschlaggebenden Factoren bei der Kerntheilung sein können, da sie bei Pflanzenzellen so lange persistiren; dass sie keinerlei morphologischen Antheil an der Kernvermehrung nehmen, dass sie vielleicht nur Ablagerungen von Substanzen, welche für den Stoffwechsel im Kern verbraucht und wieder umgebildet werden, bedeuten. Im Uebrigen fügt Flemming über seinen früheren Angaben über Anfangsstadien der Kerntheilung nichts Wesentliches bei. Für die weiteren Phasen giebt Flemming an, dass nach seinen letzten Erfahrungen die Segmentirung des Fadenwerks der Kerne bald früher bald später erfolgen kann, dass die richtenden Kräfte, die das Fadengewinde in die Kranzform und weiter in die regelmässige Sternform bringen, im einen Falle schon auf den Knäuel zu wirken begonnen, ehe er in gleiche Segmente zerfallen ist, im anderen Falle erst dann, wenn dies schon geschehen ist. Die centralen Umbiegungen der Fäden in der Kranz- und Sternform trennen sich, wenigstens bei Salamandra, überhaupt nicht. Bei Besprechung der nächsten Phase, der „Umordnung der Sternform zur Aequatorialplatte", hebt Flemming zunächst wieder hervor, dass im Stadium der Aequatorialplatte stets Unterbrechungen der Fäden im Aequator vorliegen. Die Aequatorialplatte entsteht aber aus der Sternform, wie in schematischer Zeichnung vorgeführt wird, in der Art, dass die zuvor centralen Umbiegungen der Fäden jetzt nach den Kernpolen, die freien Enden nach dem Aequator sich kehren, oder mit anderen Worten: die Winkel nach dem Pol, die Schenkelenden nach dem Aequator. Wo die Fadenenden im Aequator zusammenhängen, kann dies nur in Folge von secundärer Berührung und vielleicht temporärer Verschmelzung sein. Andere Möglichkeiten der Umlagerung der Fadenschleifen beim Uebergang aus der Sternform zur Aequatorialplatte werden weiter erwogen und in Einzelschnitten veranschaulicht, doch als mit dem Habitus der wirklichen Figuren nicht vereinbar verworfen. —

Den Tochterkernfiguren giebt Flemming, gleich bei deren Entstehung einen radiären Bau und sieht in diesem die Repetition des Muttersterns; freilich oft nur eines abgeflachten und hohlgeformten Sterns bei der Ansicht vom Pol, denn es giebt Flemming zu, dass ein Umklappen eines Theiles der Strahlen nach der Polseite nicht in allen Fällen eintritt. Die Fadenschleifen haben im Mutterstern Längsspaltungen erfahren; in der Aequatorialtonne, oder auch erst in den Tochtersternen, dürften sie, wahrscheinlicher Weise, je 2 zu 2, der Länge nach wieder verschmelzen. Sie zeigen sich halb so zahlreich und doppelt so dick wie vorher. Ueber weitere Stadien ist nichts wesentlich Neues hinzugefügt.

Flemming ist der Ansicht: dass die Kernplattenelemente in den Kernspindeln mit feinen Fasern Homologa sind zu den Bestandtheilen der tingirbaren Kernfigur, also zu den Kernfäden bei Salamandra u. a. Amphibien; dass sie sich von jenen feinen Kernfasern durchweg dadurch unterscheiden, dass sie tingirbar sind, die letzteren nicht; dass die tingirbaren Kernfäden nicht Anschwellungen der blassen Kernfasern, sondern neben ihnen gelegen sind.

Flemming will jetzt die nicht tingirbaren feinen Fäden, zuweilen deutlich erkennbar, wenn auch immerhin sehr zart ausgebildet, an den Polen der Kernspindeln gefunden haben und zwar in denselben Zellenarten von Salamandra, wo er die blassen Fäden früher vermisste. Noch viel klarer erkennbar sind sie bei Hodenzelltheilungen von Salamandra.

Die Fäden, welche beim Auseinanderweichen der Tochterfiguren zwischen diesen ausgespannt liegen bleiben, hält Flemming für identisch mit den eben besprochenen nicht tingirbaren feinen Fasern.

Flemming fasst seine Ansicht dahin zusammen, dass in der Theilungsmetamorphose des Zellkerns in demselben zwei morphologisch unterscheidbare Figuren sich sondern. Die eine nimmt die ganze tingirbare Substanz des Kerns auf und stellt die tingirbare Fadenfigur dar. Die andere besteht aus nicht tingirbarer Substanz, braucht übrigens nicht die sämmtliche nicht tingirbare Substanz des Kerns aufzunehmen, da zwischen den blassen Fasern der Kernspindeln in vielen Fällen noch erheblicher Raum übrig bleibt. Flemming hat in wenigen Fällen in den achromatischen Fäden äquatoriale Differenzirungen wahrnehmen können, vielleicht Zellplatten entsprechend. Sie finden sich auch, wo die Theilung durch Abschnürung vor sich geht, und da es das Annehmbarste ist,

dass diese äquatorialen Differenzirungen überall dieselbe Bedeutung für die Zelltheilung haben wie bei Pflanzenzellen, so mögen sie auch in den erwähnten Fällen der Abschnürung in Beziehung zu ihr stehen.

Wenn ein Kern, so sagt Flemming, arm an „Chromatin" (tingirbarer Substanz), reich an „Achromatin" (nicht tingirbarer Substanz) ist, so werden „Kernspindeln" gebildet, mit deutlichen, grösseren achromatischen Fäden, die weniger durch die chromatischen Fäden verdeckt erscheinen. Im umgekehrten Falle werden die achromatischen Figuren zart und blass und oft nur die grobfädige chromatische Kernfigur sichtbar sein.

Bei der Behandlung der Frage, welche Kräfte wohl bei der Kerntheilung im Spiele seien, kommt Flemming zu der Annahme, dass es nahe läge, hier an Vorgänge elektropolarer Natur zu denken, doch will er hiermit nicht eine magnetische Theorie der Zelltheilung aufgestellt haben.

Eine kritische Sichtung der Ergebnisse all dieser zahlreichen Untersuchungen führt uns jedenfalls zu der Ueberzeugung, dass im Thierreich sich wesentlich dieselben Vorgänge der Kern- und Zelltheilung als wie im Pflanzenreiche abspielen.

Dieselben beiden extremen Formen der Kernspindel sind uns hier entgegengetreten: die Spindel mit dünnen Fasern und Kernplatte und die nur aus dicken Elementen gebildete. Beide Extreme sind wie im Pflanzenreiche durch Mittelformen verbunden.

Die der Spindelbildung vorausgehenden, oft sehr charakteristischen Differenzirungen der Kernsubstanz haben wir jetzt auch in pflanzlichen Kernen nachweisen können und ebenso auch das Aufgehen der Kernwandung in der Theilungsfigur. Das Schwinden der Kernwandung zunächst an den Polen, wie Fol besonders hervorhebt, ist uns auch in nämlicher Form wiederholt entgegengetreten.

Die Theilung der Kernspindel und Ausbildung der Tochterkerne erfolgt im Thierreich jedenfalls nicht anders als im Pflanzenreiche, nur sind die Verbindungsfäden in thierischen Zellen meist schwach entwickelt, und erfahren keine weitere Vermehrung.

Eine für thierische Eier charakteristische Erscheinung ist die Ausbildung von Strahlensystemen an den Kernpolen. An den Polen pflanzlicher Zellkerne lässt sich wohl öfters eine Ansammlung von Protoplasma, doch keine Strahlenbildung constatiren.

Letzteres gelingt übrigens auch für die Gewebezellen der Thiere nicht.

Die Theilung des Zellkörpers erfolgt bei den Thieren vorwiegend durch Einschnürung, ein Vorgang, dem wir im Pflanzenreich selten begegnen, weil doch die nackten Zellen fehlen. Etwa noch vorhandene Verbindungsfäden werden dann meist durchschnitten. Es kommt übrigens im Thierreich auch Zelltheilung mit Scheidewandbildung vor. Die Scheidewand wird aber nicht in Verbindungsfäden erzeugt. Nur in einem bekannten Falle erfolgt die Scheidewandbildung ganz wie bei Pflanzen, nämlich bei Dicyemiden. Bei diesen sollen, nach E. van Beneden, die jungen Kerne eben so zahlreiche Verbindungsfäden zeigen, wie in sich theilenden pflanzlichen Zellen. Auch die Bildung einer Zellplatte findet hier so wie bei Pflanzen statt. Wo sonst noch Scheidewände bei thierischen Zellen angegeben werden, entstehen sie nicht innerhalb der Verbindungsfäden, vielmehr durch freie seitliche Aneinanderlagerung bestimmter Elemente zu einer Platte in der Theilungsebene. Doch werden ausserdem noch öfters Differenzirungen innerhalb der Verbindungsfäden, ja selbst im Zellplasma angeführt, die in der Theilungsebene liegen, die man auch Zellplatten nennt und innerhalb welcher die Trennung der Schwesterzellen bei der Einschnürung vor sich geht.

Die Literatur über den Bau der ruhenden Kerne ist auf thierischem Gebiete sehr bedeutend angewachsen, doch habe ich dieselbe nur im Zusammenhang mit der Kerntheilung und nur so weit berücksichtigt, als es zum Verständniss der Theilungsvorgänge nothwendig schien.

Gegenüber den bis in die letzte Zeit wiederkehrenden Angaben [1]), dass Zellkerne sich auch durch directe Abschnürung vermehren können, machte Flemming geltend, dass ein solcher Theilungsvorgang für fixe Zellen bis jetzt nirgends direct nachgewiesen ist und dass er höchstens für mobile Zellen Geltung haben könnte. Auch für letztere ist er ihm übrigens nicht wahrscheinlich. Was mich anbetrifft, möchte ich hingegen glauben, dass eine Fragmentation der Kerne bei Thieren in der That möglich sei, doch nur in der Art, wie wir sie bei Pflanzen kennen lernten, wo sie nämlich nicht mehr die Bedeutung wirklicher Kerntheilung hat. Wie sich übrigens mobile Zellen und die niedersten Organismen in dieser Beziehung verhalten, muss ich nach dem jetzigen Stande der Dinge dahingestellt sein lassen.

1) Vergl. vornehmlich E. van Beneden, Th. v. Ewetzky und Klein.

Um die geschilderten Vorgänge zu veranschaulichen und das Bild der Kern- und Zelltheilungsvorgänge in allen jetzt bekannten Modificationen in diesem Buche zur Geltung zu bringen, nehme ich in dasselbe einige Figuren thierischer Objecte aus fremden Arbeiten auf. Diese Figuren sind so gewählt, dass sie die Aehnlichkeiten und die Unterschiede mit pflanzlichen Zellen möglichst hervortreten lassen.

Die Figuren 1—11, Taf. XIV stellen in Furchung begriffene Eier von Toxopneustes lividus vor. Sie sind dem Werke von Fol, Recherches sur la fécondation et le commencement de l'hénogénie chez divers animaux, entnommen. Die Figuren 1—6 sind nach dem Leben gezeichnet und 300 Mal vergrössert.

Figur 1 (Fig. 1, Taf. VI bei Fol l. c.) stellt ein lebendes Ei 30 Minuten vor der Theilung dar, farbloses Protoplasma ist bereits um den Kern angesammelt und geht in Strahlen allseitig aus. In Fig. 2 (2 l. c.) hat sich das farblose Plasma an den Polen des Kerns angesammelt. In der Fig. 3 (4 l. c.) haben die Ansammlungen an den Polen noch zugenommen. In Fig. 4 (9 l. c.) ist das Verbindungsstück zwischen den Sonnen sehr schmal geworden, die Einschnürung des Eies beginnt. Fig. 5 (11 l. c.) zeigt das Verbindungsstück noch schmäler, die Furchung vorgeschrittener. In Fig. 6 (10 l. c.) ist die Theilung vollendet, das Verbindungsstück durchbrochen und grösstentheils eingezogen; die Strahlen der Sonnen schwinden.

Die Figuren 7—11, Taf. XIV sind nach Präparaten entworfen, die mit Pikrinsäure und Pikrocarmin, die Fig. 7 mit Pikrinsäure allein, behandelt und dann in Glycerin mit Alkohol aufbewahrt wurden. Die Originale von Fol sind 600 Mal vergrössert, ich gebe dieselben auf die Hälfte reducirt wieder.

Die Figur 7 (12 l. c.) stellt ein Ei mit der Spindel und den beiden Sonnen vor. Das Stadium entspricht der nach dem Leben entworfenen Figur 3. Die Fig. 8 (13 l. c.) zeigt das Auseinanderweichen der beiden Kernplattenhälften. In Figur 9 (15 l. c.) ist die Umwandlung der Kernplattenelemente in kleine Bläschen zu sehen; in Fig. 10 (16 l. c.) das Sichzerstreuen der Bläschen in der hellen Plasma-Ansammlung. Die Figuren 9 und 10 entsprechen den lebenden 5 und 6. Die Fig. 11 zeigt die beginnende Reduction der Bläschen durch Verschmelzung.

Weiter gebe ich in den Figuren 12—20, Taf. XIV, einige Bilder aus Flemmings Beiträgen „zur Kenntniss der Zelle und

ihrer Lebensfunctionen". Ich habe diese Bilder aus der Reihe der mit Reagentien behandelten und gefärbten gewählt; die Behandlung war einerseits entweder Pikrinsäure oder Chromsäure, Hämatoxylin, Glycerin, Wasser oder Nelkenöl, andererseits Chromsäure, dann Alkohol, dann Safranin, wieder Alkohol und Nelkenöl.

Die Fig. 12 (bei Flemming l. c. Taf. XVII, Fig. 2) zeigt rechts einen ruhenden Epithelkern mit Netz, in Fig. 13 (2 l. c.) das Netz entfärbt und unsichtbar, Nucleolen sichtbar. In Fig. 12 links engegewundenes Anfangsstadium der Theilung. Fig. 14 (3 l. c.) die Knäuel oder Korbform des Mutterkerns. Fig. 15 (7 l. c.) Kranzform. Fig. 16 (11 l. c.) diastolischer Stern. Fig. 17 (14 l. c.) Aequatorialplatte, von Tonnenform, nach der Angabe von Flemming hier besonders klein im Verhältniss zur Zelle. Fig. 18 (15 l. c.) beginnende Sternform der Tochterkerne nach der Trennung. Der helle Hof und der intranucleare Raum zeigen zwischen den Kernen verästelte Stränge. Die Stränge hatten sich nicht gefärbt, sind somit, nach Flemming, schwerlich Kernsubstanz. Fig. 19 (17 l. c.) Kranzform der Tochterkerne. Eine schwache Andeutung eines Verbindungsstranges zwischen den Kernen. Theilung der Zelle. — Fig. 20 (20 l. c.) stellt endlich eine rothe Blutzelle der Larve in Theilung vor. Die ganze Zelle wird von der getheilten Spindel eingenommen. Die Figuren sind bei Hartn. Imm. 12, Oc. 1 gezeichnet.

Aus Peremeschko's Aufsatz über die Theilung der thierischen Zellen entnehme ich zwei Figuren, die sich auf die Theilung der weissen Blutkörperchen beziehen sollen, nach Flemming aber vielleicht fixe Zellen oder Jugendformen rother Blutzellen sind.

Die Fig. 21, Taf. XIV (Peremeschko l. c. Taf. XIV, Fig. 21) zeigt das Blutkörperchen mit getheilter Spindel. In Fig. 22 (22 l. c.) sind die Tochterkerne in Bildung begriffen. der Zellleib theilt sich. Die Figuren sind nach lebenden Objecten bei Hartn. Ocul 3, Obj. 7 oder 8 gezeichnet.

Einige Figuren gebe ich hier auch aus Schleicher's Aufsatz über die Knorpelzelltheilung; dieselben beziehen sich auf Zellen aus dem Kopfknorpel einer Krötenlarve.

Figur 23, Taf. XIV (Schleicher Fig. 1 k, Taf. XII) ein karyokinetisches Bild in Sternform. Fig. 24 (1, z. l. c.) der Zustand, den ich als Spindel bezeichnen möchte. Diese zweite Figur aus derselben Zelle wie die erste. Fig. 25 (1, $a^1$ l. c.) Theilung der Spindel. Fig. 26 (1, $d^1$ l. c.) Verschmelzung der Elemente in den Tochterkernen. Fig. 27 (1, $g^1$ l. c.) Zerfall der homogen

theilen sich auf jeder Grössenstufe. Während der Theilung zeigt sich nun nie eine Veränderung an den „Nuclei“ und „Nucleoli“, weder eine Spur von Verschmelzung, noch Theilung. Die eine Hälfte der Nuclei und Nucleoli wird einfach in das eine, die andere in das andere Thier hinüber genommen.

Bei dem Infusor Spirochona gemmipara lässt der Kern nach R. Hertwig[1]) stets zwei Abschnitte erkennen, welche von einander durch eine scharfe Linie getrennt sind. Der vordere Abschnitt ist grösser und besteht aus einer feinkörnigen Masse, der hintere kleinere wird von einer homogenen Substanz gebildet. Ausser dem Kerne sind noch drei kleine, homogene Nebenkerne (die früheren „Nucleoli“) vorhanden. Die Spirochona pflanzt sich durch Knospung fort. Der Kern verändert sich allmälig und zeigt schliesslich folgende Gestalt: in der Mitte einer Vacuole, deren Membran mit zahlreichen, hellglänzenden Körnchen besetzt ist und die im Innern wasserklare Flüssigkeit führt, liegt ein scharf umschriebener Nucleolus. Dem vorderen Ende der Vacuole sitzt ein deutlich gekörnelter Aufsatz auf, der sich wie eine beträchtliche Verdickung der Kernmembran ausnimmt. Hierauf zeigt sich die Knospe als Höcker, der in der Mitte der centralen Fläche des Thieres beginnt und sich nach dem linken Peristomrand hinzieht. Weitere Beschreibung derselben will ich hier nicht geben, wende mich vielmehr zum Kern zurück. Die Masse, welche dem vorderen Ende der Kernvacuole, wie eine Art Haube, aufsitzt, geräth in lebhafte amoeboide Bewegungen. Sie umfliesst den Nucleolus und breitet sich im Umkreise desselben zu einem Ringe aus, dann sammelt sie sich an dem hintern Ende des Kerns an, um bald wieder an das vordere zurückzukehren. Im Laufe einer Stunde wechselt die Kernsubstanz so mehrfach ihre Anordnung. Schliesslich wird ein Gleichgewichtszustand erreicht, indem die Kernmasse einen gleichmässig dicken Ring um den Nucleolus bildet. Der Nucleolus beginnt sich nun zu verändern und amoeboide Fortsätze auszusenden. Die Umgrenzung der Vacuole verschwimmt allmälig. Die Kernsubstanz dringt allseitig in sie ein. Der Kern zerfällt alsbald in grössere und kleinere Stücke, die undeutliche radiäre Anordnung annehmen. Die Stücke werden bei fortgesetztem Zerfall immer feiner und undeutlicher, der Kern erscheint schliesslich als homogene Masse. Vom Nucleolus ist nichts mehr zu sehen, das Centrum wird von einer undeutlichen hellen Stelle

1) Jenaische Zeitschrift Bd. XI, p. 156, 1877.

eingenommen. Hierauf streckt sich der Kern und homogene Substanz häuft sich an seinen beiden Enden an. Auf diese Weise entstehen zwei halbkugelige, gegen den übrigen Kern scharf abgesetzte Aufsätze, die R. Hertwig als Endplatten bezeichnet. Aus diesen gehen die hinteren Abschnitte der beiden aus der Theilung resultirenden Kerne hervor. Der zwischen den beiden Endplatten gelegene Theil bildet die Hauptmasse des Kerns; anfangs gleichförmig, geht er allmälig in die streifige Differenzirung über. Diese Streifung ist durch eine Anhäufung homogener Substanz in mittlerer Länge, welche der breitesten Stelle des Kerns entspricht, getheilt. Den einen Theil, der weniger ausgedehnt ist, erhält die Knospe, den andern behält das Mutterthier. Die Streifung wird durch feine Stäbchen bedingt, die dicht neben einander parallel lagern. Die mittlere Zone vergleicht R. Hertwig der Kernplatte. Vom Auflösen des Nucleolus bis zum Auftreten der Streifung vergeht etwa eine Stunde. Die mittlere ungestreifte Zone schnürt sich etwas ein, sie zieht sich in die Länge und bildet einen cylindrischen Strang. Die Streifung setzt sich auf dieses Verbindungsstück fort und nur in der Mitte desselben erhält sich eine dichtere, ungestreifte Stelle. Das Verbindungsstück zieht sich zu einem Faden aus; schliesslich löst sich in der Mitte der Zusammenhang, wodurch die Kerntheilung vollendet ist. Vom Auftreten der Streifung bis zu diesem Augenblick war abermals eine Stunde verflossen. Nach beendeter Theilung nimmt jeder Tochterkern die definitive Gestalt an. Er besteht aus dem homogenen kleineren Abschnitt, der sich aus einer der Endplatten gebildet hat und dem grösseren feinkörnigen, der aus der Umbildung der streifigen Partieen hervorgegangen ist.

Beim ersten Beginn der Knospung rücken die Nebenkerne an den Hauptkern heran. Zur Zeit, wo der Hauptkern die streifige Differenzirung eingeht, strecken sie sich. Sie besitzen dann häufig eine mittlere spindelförmige Anschwellung und stets an beiden Enden stecknadelkopfartige Verdickungen. Hierauf theilen sie sich, so dass drei der Knospe und drei der Mutter angehörige Nebenkerne entstehen.

Während der Kern sich theilt, schnürt sich die Knospe ab und ist schliesslich nur mittelst eines dünnen Stieles auf halber Höhe der Mutter befestigt.

Bei der Knospung von Spirochona entsprechen zwar im Allgemeinen bestimmte Entwicklungsstadien des Kerns bestimmten Entwicklungsstadien der Knospe, indessen macht es den Eindruck,

schreibt R. Hertwig, als wenn hier zwei in keinem unmittelbaren Abhängigkeitsverhältnisse zu einander stehende Processe nebeneinander verliefen. Man könnte aber eher daran denken, dass der Ausbildungszustand der Knospe die verschiedenen Kernzustände bedingt, als umgekehrt. Die Knospungsvorgänge beginnen zu einer Zeit, wo man am Kern zwei opponirte Pole noch nicht nachweisen kann. Bei Podophrya quadripartita hat nach Bütschli[1]) der Schwärmsprössling sogar schon einen Wimperkranz und eine contractile Vacuole aufzuweisen, bevor ein Fortsatz des mütterlichen Kerns in ihn hineinwächst.

R. Hertwig[2]) hält die Kernnatur des „Kerns" und „Nebenkerns" für sicher. Fol[3]) hingegen, in seiner Besprechung der diesbezüglichen Untersuchungen von Bütschli, äussert sich dahin, dass der s. g. Nucleus der Infusorien ein problematisches Gebilde sei, und dass nichts, weder in seinem faserigen Bau, noch in seiner Theilung, auch nur von Weitem an die Theilung des wirklichen Kerns erinnere. Bei der Theilung der s. g. Nucleolen (Nebenkernen) fände man hingegen Erscheinungen, welche es erlauben, diese Elemente in die nämliche Kategorie wie die Zellkerne zu bringen.

R. Hertwig[4]) hat auch die Knospung des Zellkerns bei den Acineten eingehender untersucht. Dieser Zellkern ist an jungen Individuen der Podophrya gemmipara Hertw. hufeisenförmig, verzweigt sich dann aber mannigfaltig in älteren Zuständen. „Zahlreiche seitliche Knospen wachsen aus dem Nucleus senkrecht zur Längsrichtung desselben hervor. Indem dieselben sich dichotomisch verästeln, durchsetzen sie das ganze Körperparenchym in mannigfach gewundenem oder winklig geknicktem Verlauf. Für alle diese Kernknospen sind die kolbig angeschwollenen Enden charakteristisch, während die mittleren Theile sich nicht selten zu feinen, durch Imbibition kaum nachweisbaren Fädchen ausziehen können" [5]). Auf der oralen Fläche des Körpers bilden sich an den zur Fortpflanzung sich anschickenden Individuen kleine, allmälig an Grösse zunehmende Protuberanzen. Die Protuberanzen werden von der Membran des Gesammtkörpers über-

---

1) Jenaische Zeitschrift Bd. X, 1876, p. 296.

2) Jenaische Zeitschrift Bd. XI, 1877, Anm. p. 157.

3) Mém. de la S. de Phys. et d'hist. nat. de Genève T. XXVI, 1879. Sep.-Abdr. p. 229.

4) Inaugural-Dissertation Leipzig 1875.

5) l. c. p. 27 u. 28.

spannt, das Protoplasma des letzteren geht unmittelbar in sie über. Sie liegen über den angeschwollenen Enden der Kernknospen, die alsbald in sie hineinwachsen: je eine Knospe in eine Protuberanz. Bei zunehmender Grösse der letzteren nehmen die Kernknospen in ihnen eine hufeisenförmige Gestalt an. Endlich löst sich der Verbindungsfaden, der von dem Endtheil der Kernknospe zu dem mütterlichen Kern führte, und alsbald beginnt die inzwischen zum reifen Schwärmer ausgebildete Protuberanz ihr individuelles Dasein.

Bei den echten Acineten werden die Schwärmer im Innern des Körpers gebildet, doch zeigt R. Hertwig [1]) für Acineta cucullus, dass auch dort der Mutterzellkern knospenförmige Fortsätze treibt, um deren Endanschwellung sich je eine Protoplasmakugel abschnürt.

J. Fraipont [2]) schildert ebenfalls in einer Arbeit über die Acinetinen der Küste von Ostende die innere und äussere Knospenbildung, bei welcher Fortsätze des Mutterkerns in die Knospen hineinwachsen. Bei Acineta divisa bilden sich aber Divertikel der Oberfläche, in welchen kleine, mit Wimperkranz versehene Schwärmer entstehen. Dieselben sollen ihren Kern endogen erzeugen, ohne Betheiligung des Mutterkerns.

Der Kern des Noctilucen ist nach Robin [3]) sphärisch oder oval, homogen, ohne besondere Färbung, nicht körnig, ohne Nucleolus, regelmässig umschrieben, ziemlich fest. Die in Knospenbildung eintretenden Individuen werfen ihre Geissel und ihr Tentaculum ab, verengen ihren Mund, bis die Oeffnung obliterirt. Das basilare Stück des Tentaculum so wie dessen Zahn, auch die dorsale Falte schwinden. Das Thier wird somit eine hohle Kugel mit völlig geschlossener Wand, eine Zelle mit Wand, Zellkörper und Kern. Die Plasmafäden des Innern behalten ihre strahlige Anordnung. Der Kern theilt sich hierauf in 2, 4, 8, 16, 32 bis 256 Theile. Währenddem hebt sich die Wand des Individuums zu Höckern, dann zu Taschen empor, welche die neuen Kerne aufnehmen in dem Maasse, als sie sich individualisiren. Der Kern verlängert sich bei der Theilung zu einem Cylinder mit zwei stumpfen Enden; gleichzeitig wird er gleichmässig feinkörnig. Das gelbliche Plasma, das ihn umgiebt, breitet sich zu einer

---

1) l. c. p. 52.

2) Bull. de l'Acad. royal de Belgique 2me sér. T. XLIV, Nr. 12, 1877. T. XLV, Nr. 3 et 4, 1878.

3) Journal de l'Anat. et de la Phys. 1878, p. 570.

ovalen Schicht aus, andrerseits gehen von dieser, in einer Ausbuchtung der Membran gelegenen Masse, der Membran folgend, zahlreiche, fast farblose, verzweigte und anastomosirende Fäden radial ab, polygonale oder rundliche Maschen mit einander bildend. Die Mitte des cylindrisch verlängerten Kerns erscheint alsbald sehr fein longitudinal gestreift. Eine Kernplatte wird nicht gebildet, vielmehr sieht man etwa 10 Minuten nach erfolgter Streifung die körnig gebliebene Substanz an den beiden Enden des Kerns rundlich werden mit blasser, aber deutlicher Contour. Die eine der beiden Kernanlagen zeigt bald einen Einschnitt an dem Pol, der dem andern Kern zugekehrt ist. Dieser Einschnitt setzt sich als zu den Verbindungsfasern parallele Linie zwischen dieselben fort, die Fasern in zwei Bündel theilend. Das Plasma um die Kerne beginnt sich jetzt in halber Länge zwischen denselben einzuschnüren. Der Einschnitt in dem einen Kern wird an einer Mündung geschlossen und bleibt nur noch als keulenförmige Höhlung in dem betreffenden Kern zurück. Das gestreifte Verbindungsstück verlängert sich und erfährt gleichzeitig eine Krümmung, wodurch die beiden Kerne einander etwas genähert werden. Diese Kerne wachsen, indem sie das faserige Verbindungsstück langsam verbrauchen. Auch sind sie nur noch von einer dünnen Schicht des gelblichen Plasma umgeben. Dieses hat sich schon stark eingeschnürt. Schliesslich wird dies gestreifte Verbindungsstück in halber Länge sehr dünn, durchbrochen und beiderseits in die Kerne eingezogen. Das netzförmige Plasma hatte währenddem eine zusammenhängende gelbliche Schicht an seiner Oberfläche gebildet und schnürt sich nun auch, wenige Minuten nach vollendeter Kerntheilung, vollständig ein. Die hervorgetretenen Knospen bilden schliesslich am Mutterkörper alle zusammen eine vierseitige Platte von etwas krummem Umriss.

Die Zweitheilung der Noctilucen vollzieht sich an Individuen, die ihr Flagellum und bald auch ihr Tentaculum abgeworfen haben. Die Theilungsebene geht durch die dorsale Falte und schnürt das Thier im ganzen Umkreis ein und ist in $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Stunden vollendet. Bevor die Ringfurche auftritt, oder gleichzeitig, oder ein wenig später, theilt sich der Kern, der hier von gelblicher, körniger Substanz verdeckt ist und die Einzelheiten des Vorgangs daher nicht zeigt.

Die Theilung der Kerne bei Noctilucen, wie sie oben geschildert wurde, zeigt die grösste Aehnlichkeit mit der von R. Hertwig für die Kerntheilung bei Spirochona gegebenen Beschreibung.

Die Theilung des Kerns beobachtete Bütschli[1]) auch bei einer Flagellate: der Anisonema sulcatum Duj. Auf dem frühesten zur Beobachtung gekommenen Theilungszustande waren schon die Geisseln für die beiden Sprösslinge angelegt, auch die beiden contractilen Vacuolen der beiden Sprösslinge sind schon vor jeder Einschnürung vorhanden. Die Längstheilung beginnt einseitig, durch eine Einschnürung zwischen den Geisseln am Vorderende und schreitet nach hinten fort. Schliesslich hängen die beiden Individuen nur noch durch einen Faden zusammen, welcher zuletzt durchrissen wird. Verdünnte Essigsäure lässt über das Verhalten des Kerns Einiges ermitteln. Derselbe ist im ruhenden Zustande ein Bläschen mit dunklem, ansehnlichem Binnenkörper. Vor oder mit Auftreten der Theilungsfurche erscheint er bandförmig langgestreckt in der Querrichtung des Leibes. Eine ziemlich deutliche längsfaserige Differenzirung des Binnenkörpers scheint einzutreten; eine Anschwellung der Fasern zu knötchenartigen Verdickungen an ihren Enden ist recht deutlich zu sehen. Das Kernband wird hierauf in der Mitte verdünnt, die Enden hingegen schwellen an und jedes derselben enthält einen deutlichen Binnenkörper, der mit dem der andern Seite noch durch ein feines Verbindungsfädchen zusammenhängt. Bei noch weiter fortgeschrittener Theilung hängen schliesslich die schon ganz abgerundeten Kerne nur noch durch einen feinen, ziemlich langen Verbindungsfaden zusammen.

F. E. Schulze[2]) beobachtete bei einer mit Amoeba polypodia wohl übereinstimmenden Amoebe eine Kerntheilung mit nachfolgender Körpertheilung. Der Kern besteht bei genannter Amoebe aus einem ovalen, glatten und gleichmässig, sowie ziemlich stark lichtbrechenden, mattglänzenden Körper, um welchen ein schmaler körnchenfreier Hof sich erkennen lässt. Letzterer ist aber nicht scharf gegen die umgebenden Plasmakörner abgegrenzt. Da nicht selten mehrere glänzende Körper innerhalb eines Zellenhofes lagern, so dürfte letzterer der Kern, die glänzenden Körper: Kernkörperchen sein. Bei einer Amoebe sah nun F. E. Schulze das vermuthliche Kernkörperchen sich verlängern und einschnüren. Die Einschnürung wurde rasch zu einem dünnen Faden ausgezogen und dieser schliesslich zerrissen. Die beiden Theilungsstücke sind dann schon ziemlich weit auseinandergerückt. Sie bleiben während des ganzen Vorgangs von

1) Zeitschrift für wiss. Zool. Bd. XXX, p. 256.

2) Archiv für mikr. Anat. Bd. XI, 1875, p. 592.

dem hellen Hofe umgeben. Während dieses ganzen 1½ Minuten in Anspruch nehmenden Vorgangs war am Amoebenkörper nur eine Verlängerung wahrzunehmen. Eine auf dem zuletzt erwähnten Stadium schon angedeutete Quereinschnürung vertiefte sich jetzt aber rasch, die beiden Amoeben hingen bald nur noch durch einen dünnen Faden zusammen. In 8½ Minuten war die Körpertheilung vollzogen.

R. Hertwig[1]) deutet die bei den Radiolarien vornehmlich als „wasserhelle Bläschen" von frühern Autoren bezeichneten Gebilde als Zellkerne. Er stützt sich hierbei in erster Linie auf ihr Verhalten gegen Reagentien.

Bei den Thalassicollen (Th. pelagica) fand R. Hertwig einerseits Formen mit nur einem aussergewöhnlich grossen multinucleolaren Kern in der Centralkapsel (dem sogenannten Binnenbläschen), andererseits Formen, bei denen die Centralkapsel von Tausenden kleinster Kerne erfüllt war, während das Binnenbläschen dann nur noch als ein unansehnlicher, in Zerfall begriffener Körper nachgewiesen werden konnte. Erstere waren durchschnittlich kleiner, letztere dagegen grösser und nicht selten in der Umwandlung in Schwärmer begriffen. Zwischen beiden Extremen fanden sich Uebergänge, bei denen das Binnenbläschen einen um so geringeren Durchmesser besass, je grösser die Anzahl der kleinen Kerne ausserhalb des Binnenbläschens war.

Aus diesen Beobachtungen schliesst R. Hertwig, dass die Thalassicollen ursprünglich einkernig sind und auf diesem Zustande einen grossen Mutterkern besitzen, dass sie zur Zeit der Fortpflanzung durch Entwicklung einer Brut von Tochterkernen vielkernig werden; er nimmt weiter an, dass die Tochterkerne vom Mutterkern abstammen, indem die Nucleoli des letzteren auswandern und im Protoplasma der Centralkapsel sich zu selbständigen kleinen Kernen weiter entwickeln.

In einer späteren Arbeit hebt R. Hertwig[2]) besonders hervor, dass bei den einkernigen Radiolarien der Uebergang von den einkernigen in den vielkernigen Zustand anders vermittelt sei, als dies sonst in thierischen und pflanzlichen Zellen der Fall ist. Hertwig sucht dies aus dem Umstand abzuleiten, dass die „Zellkerne" der einkernigen Radiolarien meist gewaltige Dimensionen erreichen und einen oft sehr complicirten Bau besitzen.

---

1) Zur Histologie der Radiolarien 1876.

2) Der Organismus der Radiolarien, 1879, p. 110.

Uebrigens theilt Hertwig seine Anschauung über diesen Gegenstand nur mit Vorbehalt mit, da hier die Beobachtung auf fast unüberwindliche Schwierigkeit stösst. Die Umwandlung des primären Kerns in eine Generation kleiner Tochterkerne scheint sich ihm auf dreierlei Weise zu vollziehen.

Bei den Sphaerozoiden vermehrt sich der grosse solide Kern durch einfache, sich vielmals wiederholende Zweitheilung. Er streckt sich zunächst und schnürt sich dann bisquitförmig ein.

Viel complicirteres Verhalten zeigen die Acanthometriden und Acanthophractiden. Der Kern treibt nach Auflösung seines Nucleolus solide Sprosse, die Verdickungen der Rindenschicht sind. Diese Sprosse, wohl am richtigsten als Knospen zu bezeichnen, schnüren sich zu selbständigen, soliden Kernen ab, in deren Innerem sich kleine, nucleolusartige Körperchen entwickeln. Letztere wirken als Attractionscentren und veranlassen, dass entsprechend ihrer Anzahl, alle Kernknospen in die kleinen homogenen Kerne der ausgebildeten Acanthometriden zerfallen.

Der dritte Modus der Kernvermehrung, den Hertwig bei Thalassicolla nucleata beobachtete, scheint ihm am sichersten zu stehen. Zunächst ist hier ein grosser Kern mit verästeltem Nucleolus vorhanden, dieser Nucleolus zerfällt in kleine Stücke. Hierauf tauchen in der Centralkapsel kleine Kerne auf, vermehren sich und erfüllen schliesslich den ganzen Binnenraum der Centralkapsel. Der ursprünglich existirende grosse Kern hat inzwischen eine Rückbildung erfahren. (Vergl. das vorhergehende Referat.)

Bei der Bildung der Schwärmer zerfällt der Kapselinhalt der Radiolarien gewöhnlich in so viel gleichmässige Stücke, als Kerne vorhanden sind, nachdem sich zuvor im Umkreis um jeden derselben der zugehörige Haufen von Fettkörnchen und eventuell auch ein wetzsteinförmiger Krystall gebildet hat. Seltener ballt sich zuvor der Inhalt zu grösseren rundlichen, vielkernigen Portionen zusammen, die in ihrer Mitte dann eine besondere Oelkugel bergen können und die erst später sich in eine Zahl von Schwärmeranlagen auflösen.

An dieser Stelle nehme ich wieder einige Bilder auf, um auch die abweichenden Vorgänge der Kerntheilung durch Figuren anschaulich zu machen.

Zunächst einige Figuren aus R. Hertwig's Abhandlung „über den Bau und die Entwicklung von Spirochona gemmipara.

Die Figur 36 a—o, Taf. XIV (bei Hertwig l. c. Fig. 13—17,

Taf. XII) führt uns Veränderungen des Kerns während der Knospung an lebenden Objecten im Zusammenhang beobachtet vor. Bei a—d verschiedene Stadien aus der Zeit, in der die Kernsubstanz in beständigem amoeboiden Lagewechsel begriffen ist. Bei e bildet die Kernsubstanz um den Nucleolus eine gleichmässige Rindenschicht. Bei f und g ist der Zerfall des gesammten Kerninhalts in radiäre Stücke zu sehen. Bei h treten die Endscheiben auf und beginnt die streifige Differenzirung. Bei i—o sind verschiedene aufeinanderfolgende Stadien der Kerntheilung zu sehen. Die Figur 37 (Fig. 4, Taf. XI l. c.) zeigt das Mutterthier mit der sich bildenden Knospe und dem sich theilenden Kerne. Die Bilder sind bei Zeiss, Imm. 2, Oc. 2 gezeichnet; Fig. 37 nach einem Osmium-Carminpräparate.

Weiter reproducire ich hier eine Figur aus Bütschli's: Ueber die Entstehung der Schwärmsprösslinge von Podophrya quadripartita.

Die Figur 38, Taf. XIV (bei Bütschli Fig. 12, Taf. 9, l. c.) zeigt einen Schwärmsprössling im Innern des Mutterthiers und die in denselben hineingewachsene, mit dem Mutterkern noch zusammenhängende Kernknospe. Nach einem lebenden Thier gezeichnet.

Die durch Untersuchungen der letzten Zeit zu einer relativ nicht seltenen Erscheinung im Pflanzenreiche gewordenen mehrkernigen Zellen kommen bei Thieren wo möglich noch häufiger vor.

E. van Beneden[1]) stellt in seiner Abhandlung über Dicyemiden diese Fälle zusammen. Man findet, wie er angiebt, oft zwei Kerne in der nämlichen Zelle bei höheren Organismen, in normalen wie pathologischen Geweben. Diese Eigenheit zeigen häufig die Zellen der Leber, die Endothelzellen der Demour'schen Haut, der cylindrischen und conischen Epithelialzellen der Verdauungswege, der grossen flachen Zellen, welche die Epithelien der Harnorgane abgrenzen, die Epithelialzellen der Eierstockröhren vieler Insecten. Oft auch findet man zwei Kerne in den Knorpelzellen, in den Ganglienzellen des grossen Sympathicus des Kaninchens, in den Zellen des Corti'schen Organs beim Menschen. Das Vorhandensein vieler Kerne ist charakteristisch für diejenigen anatomischen Elemente des Knochenmarkes, die Robin als Myelo-

1) Bull. de l'Acad. royale de Belgique 2me sér. 1876. Sep.-Abdr. 77 u. ff.

plaxen bezeichnet hat. Zwei Kerne fand E. van Beneden manchmal auch in den flachen Epithelialzellen des Ectoderms des Kaninchens. Mehrkernig sind oft die Protozoen: wie Opalinen, Infusorien, Leptophrys-Arten, Actinosphaerien, Gromien und Foraminiferen.

Bei den jungen Opalinen soll nach Engelmann zunächst ein Kern vorhanden sein, die Zahl kernartiger Körper aber mit dem Alter wachsen. Aehnliches giebt R. Hertwig für die Foraminiferen an.

Van Beneden hebt hervor, dass die Existenz nur eines Kerns oder vieler Kerntheile ganz ohne morphologische Tragweite sei. Man fände Protozoen, die unzweifelhaft demselben Typus und derselben natürlichen Gruppe angehören, mit einem oder mit mehr Kernen.

Amoeba princeps führt, wie Bütschli[1]) feststellen konnte, eine sehr verschiedene Anzahl von Zellkernen, nur einen oder selbst hunderte. Dabei stand die Zahl der Kerne im umgekehrten Verhältnisse zu deren Grösse.

Zwei Zellkerne in der ersten oder den späteren Keimkugeln sich furchender Eier sind eine durchaus nicht seltene Erscheinung, die vielfach erwähnt wird und die ich selbst öfters zu sehen Gelegenheit hatte. Bei nachfolgenden Theilungen dürften solche mehrkernige Zellen hier meist wieder auf einkernige zurückgeführt werden.

Mehrkernige Zellen kommen nach Flemming[2]) massenhaft in wachsenden Muskeln und Fibrillärgeweben von Larven, Embryonen vor. Objecte, die sich zum Studium der Production vielkerniger Zellen ganz besonders eignen, sind die Hodenepithelien von Salamandra, zur Zeit, wo die Samenbildung beginnt[3]).

E. van Beneden[4]) war der Meinung, dass in mehrkernigen Zellen die Kerne durch Zerfall (Fragmentation) sich vermehrt hätten. In den flachen Epithelialzellen des Ectoderms beim Kaninchen sah er die Kerne amoeboide Bewegungen ausführen, sich unter fortgesetzter Formveränderung in der Mitte einschnüren und so eventuell in zwei Stücke zerfallen. Dem hält Flemming[5])

---

1) Abh. der Senckenb. Ges. Bd. X. Sep.-Abdr. 1876, p. 165.

2) Archiv für path. Anat. u. Phys. und für kl. Med. Bd. LXXVII, 1879. Sep.-Abdr. p. 10.

3) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVIII, p. 189, 1880.

4) Dicyemiden p. 82.

5) Archiv für path. Anat. etc. Bd. LXXVII, 1879. Sep.-Abdr. p. 10.

entgegen, dass, wo die Kerne in Mehrzahl in einer Zelle vorhanden sind, dieselben ungeachtet dessen durch typische Theilung, nicht durch Zerfall aus einander hervorgehen. Das zugehörige Plasma hat sich eben nur nicht mit getheilt. Flemming nennt das eine unvollständige oder verkrüppelte Zelltheilung. Damit soll nicht gesagt werden, meint er, dass mehrkernige Zellen stets etwas Pathologisches seien. Es kommen ja an bestimmten Orten mehrkernige Zellen ganz constant vor, so z. B. in Knochenmarkhöhlen, in der Placenta; hierher gehören auch die Haematoblasten und, wenn man will, die animalen Muskelfasern.

Flemming[1]) untersuchte die Kerntheilungen näher in den schon erwähnten mehrkernigen Zellen der Hodenepithelien von Salamandra. Die massenhaften Kerntheilungen führen hier nur zum Theil zur Zellvermehrung. Die Theilung der Kerne erfolgt trotzdem nach dem „indirecten" Typus. Alle Kerne einer multinuclearen Zelle werden vorwiegend alle zugleich in Theilung und zwar sämmtlich in der gleichen Theilungsphase gefunden. Doch können auch ruhende Kerne neben Theilungsfiguren vorliegen. Die den Kern zur Theilung anregenden Ursachen wirken also nicht, oder nicht allein, in ihm, sondern zugleich durch die ganze Substanz der Zelle. Dasselbe wird auch für einkernige Zellen gelten. Nun wurden sogar in ganzen, ausgedehnten Abschnitten der Hodenkanäle Theilungen in gleichem Stadium gefunden. Dies zeigt offenbar, dass die zur Theilung disponirenden Einflüsse von Aussen her auf die betreffenden Zellen wirken müssen. Aehnliches beobachtete Flemming auch an anderen Orten. Es besteht aber kein Recht zu dem Glauben, dass die vielkernigen Zellen die Zahl ihrer Kerne anders als durch indirecte Kerntheilung vermehren sollten. Hierin werde aber, laut Erfahrung der neuesten Zeit, eine weitere Uebereinstimmung mit pflanzlichen Zellen geschaffen.

Eine solche Uebereinstimmung zwischen Thier- und Pflanzenzellen besteht auch in der Fähigkeit der Zellkerne unter einander zu verschmelzen.

Auf diese Fähigkeit hat Bütschli in einem besonderen Abschnitt seiner „Studien"[2]): „Einige Bemerkungen über die

---

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVIII, p. 189, 1880.

2) p. 162.

Möglichkeit eines häufigeren Vorkommens von Kernverschmelzungen" hingewiesen.

Bei Actinosphaerium Eichhornii sollen nach A. Schneider[1]) die vielen im Protoplasma der Keimkugel vertheilten Kerne einen einzigen bilden. Auch F. E. Schulze[2]) beobachtete hier eine Reduction der Kerne, wenn auch nicht Verschmelzung zu einem einzigen.

So auch Karl Brandt[3]). Die an Zahl reducirten Kerne sind nach letzterem bedeutend grösser als gewöhnliche Actinosphaeriumkerne. Wenn die Reduction der Kerne vollendet ist, theilt sich der Klumpen in so viel Stücke wie grosse Kerne entstanden sind. – Nach Cienkowski[4]) können die Nuclei der copulirenden Thiere von Noctiluca miliaris sich vereinigen oder auch gesondert bleiben. — Der Verschmelzung der Kerne in den zur Theilung sich anschickenden Oxytrichinen wurde schon gedacht.

Bei den Vorgängen der Befruchtung gilt die Kernverschmelzung ganz allgemein, gewöhnlich kommen nur zwei Kerne: der Spermakern und der Keimkern zur Vereinigung, abnormer Weise können aber zahlreiche Spermakerne mit dem Keimkern verschmelzen.

Als Verschmelzung von Zellkernen lässt sich auch der Vorgang bei Bildung der Schwesterkerne, wie er vornehmlich in thierischen Eiern beobachtet wurde, auffassen. Da schwellen nämlich die Elemente der Kernplatte zu eben so vielen Bläschen, die wie Kerne reagiren und sogar Kernkörperchen führen können, an und diese Bläschen gehen nun in einander, schliesslich ein einziges Bläschen bildend, auf.

---

1) Zeitschrift für wiss. Zool. Bd. XXI, p. 505, 1871.

2) Archiv für mikr. Anat. Bd. X, p. 343, 1874.

3) Ueber Actinosphaerium Eichhornii. Inaugural-Dissertation, Halle a. S. 1877.

4) Archiv für mikr. Anat. Bd. IX, p. 56, 1873.

# DRITTER THEIL.

## Allgemeine Ergebnisse und Betrachtungen.



Wir haben im ganzen Verlaufe dieser Untersuchungen uns nur mit der Bildung von Zellen aus schon vorhandenen zu beschäftigen gehabt, da die Entstehung der Zellen durch generatio spontanea, ausserhalb schon existirender Organismen, wenn überhaupt in der Jetztzeit bestehend, durchaus noch der directen Beobachtung unzugänglich bleibt. Die früheren Angaben über Bildung der Zellen zwischen den schon vorhandenen des mütterlichen Organismus sind aber durch spätere Forschung längst widerlegt worden.

Die bis jetzt beobachteten und betrachteten Thatsachen wollen wir aber der Reihe nach in der Art durchnehmen, dass wir zunächst die Vorgänge der Kerntheilung, dann diejenigen der Zellbildung und Zelltheilung in's Auge fassen.

Für freie Kernbildung im Pflanzenreiche wissen wir Beispiele nicht mehr anzuführen und enthalten uns einer Besprechung der im Thierreich noch gültigen Fälle, weil dieselben erst weiterhin sicher zu stellen sind.

Im Pflanzenreiche lassen sich, in allen bekannten Fällen, neu auftretende Zellkerne auf früher vorhandene zurückführen. Die neuen Kerne gehen durch Theilung aus älteren hervor.

Die frühere Auffassung, der zufolge der Mutterzellkern aufgelöst, die Tochterkerne neugebildet werden sollten, hat sich als unrichtig erwiesen.

Im Allgemeinen gehen aus einem Mutterzellkern durch Theilung gleichzeitig nur zwei Tochterkerne hervor; doch sind bei pathologischen Processen mit stürmischer Zellvermehrung, im Thierreiche und ausnahmsweise auch im protoplasmatischen Wandbeleg der Embryosäcke im Pflanzenreiche, gleichzeitige Theilung der Zellkerne in drei, in ersterem Falle, wie es scheint, sogar in vier Tochterkerne beobachtet worden.

Die Theilung der Zellkerne erfolgt im Thier- und Pflanzenreiche in übereinstimmender Weise, nur die Protozoen bieten zum Theil eigenartige Verhältnisse der Kerntheilung dar.

Von den Letzteren zunächst abgesehen, zeigt auch die typische Kerntheilung gewisse Modificationen.

An dem noch ruhenden Zellkerne der pflanzlichen Zelle lässt sich im Allgemeinen eine nach aussen und innen, oder nach aussen allein, abgegrenzte Wandung, und im Innern freie Körner, oder zusammenhängende Netze und ein oder mehrere Kernkörperchen nachweisen. — Die Kernwandung ist nur dann nach innen scharf abgegrenzt, wenn der Kern unzusammenhängende Körner führt, im entgegengesetzten Falle geht sie auf der inneren Seite unmittelbar in das Netzwerk über. Beide Extreme sind durch alle denkbaren Mittelformen verbunden. Die Kernkörperchen fehlen nur selten, oft machen sie die Hauptmasse der Kernsubstanz aus, sie können auch gegen den übrigen Inhalt sehr zurücktreten.

Die Substanz der Kernwandung der Körner und Netze, so wie der Kernkörperchen fasse ich als Kernsubstanz zusammen und stelle sie dem Kernsaft gegenüber. Letzterer erfüllt die Räume zwischen den geformten Kerntheilen. Die Kernsubstanz speichert Farbstoffe auf, der Kernsaft färbt sich überhaupt nicht oder nur wenig.

Mit den Bezeichnungen Kernsubstanz und Kernsaft bleibe ich bei meiner früheren Terminologie, während Flemming in seiner letzten Publication[1]) die Namen: 1. Kerngerüst oder Kernnetz, intranucleares Gerüst oder Netz; 2. Netzknoten; 3. eigentliche Kernkörperchen oder Nucleolen; 4. Kernmembran oder Kernwand; 5. Zwischensubstanz des Kerns, für die einzelnen Theile des ruhenden Zellkerns vorschlägt.

Nach Flemming[2]) soll ein Zellkern niemals isolirte Körner führen, wo solche gegeben zu sein scheinen, habe man es immer nur mit optischen Durchschnitten von Fäden zu thun. Ich kann mich dieser Auffassung Flemming's nicht anschliessen, indem es mir mit vielen Fällen nicht möglich war, den körnigen Kerninhalt auf ein Netzwerk zurückzuführen.

In gewissen Fällen scheint sich das umgebende Protoplasma an der Bildung der Kernwandung zu betheiligen. Die Kernwandung würde dann nur zum Theil der Kernsubstanz ange-

---

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVIII, p. 152. 1880.

2) l. c. p. 177 u. a. a. O.

hören. Ich schliesse freilich auf diese Zusammensetzung nur aus dem weiteren Verhalten gewisser Kerne, deren Wandung bis auf späteste Theilungsstadien hin bestehen bleibt. (Equisetum, Spirogyra nitida, gewisse thierische Eier.)

Die Substanz des in Theilung eintretenden Zellkernes hat zunächst bestimmte vorbereitende Zustände durchzulaufen.

Im Allgemeinen wird der Kerninhalt grobkörnig. Hierauf verschmelzen die Körner mit einander zu kürzeren oder längeren, hin und her gekrümmten Fäden. Die Kernkörperchen bleiben in pflanzlichen Zellen oft sehr lange erhalten, viel länger als in thierischen, schliesslich gehen sie mit in die Fadenbildung ein [1]. In diese wird auch die Kernwandung eingezogen. In den seltenen Ausnahmen, wo dies nicht geschieht, schwindet sie doch wenigstens an den Kernpolen.

Ist die Kernwandung, wie gewöhnlich, völlig eingezogen worden, so liegen die Fäden unmittelbar in dem umgebenden Zellplasma, und können in manchen Fällen sich ziemlich weit in demselben zerstreuen.

Die Kernfäden sind, namentlich in runden Zellkernen, annähernd gleichmässig durch den ganzen Kernraum vertheilt. In langgezogenen Zellkernen folgen sie mehr oder weniger der Längsaxe. Später beginnen sie in allen Fällen sich parallel zu einander zu stellen. Hat eine Streckung des Zellkerns in bestimmter Richtung inzwischen stattgefunden, so strecken sich die Fäden in derselben Richtung. Deutlich werden jetzt zwei Pole am Zellkern unterscheidbar. Die mehr oder weniger gerade gestreckten Fäden hängen meist an ihren Enden zusammen. Hin und wieder werden sie auch noch an andern Orten durch quere Brücken verbunden. Solche Brücken schwinden später, doch bilden sich dann in manchen Kernen quere Verbindungen in der Aequatorialebene aus. Diese äquatorialen Brücken lassen sich manchmal als von einem ununterbrochen, oder fast ununterbrochen fortlaufenden, nach innen und aussen abwechselnd gebuchteten Faden gebildet erkennen. Der Faden hält sich nur annähernd in gleicher Höhe.

Die Fadenfigur des Zellkerns kann eine bedeutende Volumenreduction gegen den ruhenden Zellkern zeigen: wenn letzterer

1) Hanstein (Stzbr. der niederrh. Ges. für [illegible]
5. Mai 1879. Sep.-Abdr. p. 20) ist hingegen [illegible]
Nucleolen als solche bis zuletzt er[illegible]

inhaltsarm war; sie kann bei inhaltsreichen Zellkernen gleich gross wie der ruhende Zellkern, ja selbst grösser erscheinen: wenn die Fäden seitlich auseinandergewichen sind.

Treub hat die Contraction des Kerns auf den betreffenden Stadien, bei Epipactis in den lebenden Zellen beobachten können [1]).

Später ziehen sich in inhaltsarmen Zellkernen die einzelnen Fäden derart zusammen, dass sie eine einfache Schicht von Stäbchen oder Körnern in der Aequatorialebene bilden. Waren die Fäden an ihren Polenden verschmolzen, so wird diese Verbindung vorerst gelöst. In inhaltsreichen Zellkernen behalten die Fäden auch auf dem jetzt behandelten Stadium eine bedeutende Länge, sie können selbst von dem einen Kernpol bis zum andern reichen.

In Kernfiguren mit äquatorialen Brücken werden die Schleifen nicht nur an den polwärts gerichteten, sondern auch an den äquatorial gelagerten Fäden geöffnet. Die äquatorialen Verbindungsfäden lösen sich hierbei vorwiegend auf: in V-förmige, radial gelagerte, mit den freien Schenkelenden nach aussen gerichtete Figuren. Die polwärts gerichteten Fäden werden mehr oder weniger nach dem Aequator gezogen und somit verkürzt, oder sie behalten ihre ursprünglichen Längen. Sie convergiren etwas nach den Polen, oder laufen zu einander fast parallel, oder biegen auch, stark auseinanderspreizend, nach aussen.

Solches starke Auswärtsbiegen, das meist mit unregelmässigen Krümmungen der Fäden verbunden ist, kann auch in Fällen beobachtet werden, in denen eine seitliche Verbindung der Fäden im Aequator nicht vorliegt.

Zwischen den geschilderten Extremen kommen selbstverständlich alle Mittelstufen vor.

Spirogyra weicht von den angeführten Beispielen dadurch ab, dass ihre Kernkörperchen unmittelbar in der Bildung äquatorial gelagerter Elemente aufzugehen scheinen. Doch erklärt sich dieses Verhalten hinlänglich aus der sehr starken Abflachung des Zellkerns in der Richtung der Pole.

In der Bildung der geschilderten Kernfigur wird nachweisbar die ganze tingirbare Substanz des Zellkerns verbraucht. Ich habe dieselbe im Text überall als die Kernplatte bezeichnet. Die Kernplatte besteht somit, im einfachsten Falle, aus einer einfachen Schicht von Körnern, oder von geraden, zu einander parallelen

---

1) Quelques recherches sur le rôle du noyau. 1878, p. 14, Fig. 6 b, Taf. I.

Stäbchen. Diese Elemente sind seitlich von einander getrennt, verrathen, von einem der Kernpole aus betrachtet, eine radiale Anordnung, oder eine solche ist nicht zu erkennen. Dies ist das bei Pflanzen verbreitetste Verhalten. Bei Thieren ist in manchen Fällen die Anordnung der Kernplattenelemente zu einem Ringe geschildert worden.

Hin und wieder scheinen die einzelnen Körner oder Stäbchen der Kernplatte aus noch kleineren Elementen aufgebaut zu sein.

Die Stäbchen der Kernplatte können aber auch bedeutendere Länge zeigen, gleichzeitig in unregelmässiger Weise gekrümmt sein, auch stark nach aussen spreizen. Von den Kernpolen aus betrachtet, zeigen sie eine mehr oder weniger deutliche, radiale Anordnung. Oft sind sie in der Aequatorialebene durch seitliche Brücken zu bestimmten Figuren vereint, oder auch völlig frei gegen einander.

Oder die Kernplatte ist von langen, annähernd geraden, zu einander fast parallelen, oder nur wenig nach den Polen convergirenden, zum Theil von einem Pol zum andern reichenden, freien Fäden gebildet.

Oder diese Fäden sind unregelmässiger gestaltet, auch gekrümmt, und hängen in der Aequatorialebene durch radial gelagerte, bestimmt geformte Fäden zusammen.

Zu beiden Seiten der Kernplatte sind, in der vorwiegenden Mehrzahl der Fälle, feine Fasern sichtbar, die sich überhaupt nicht, oder nur schwach tingiren. Ich nannte sie im Text übereinstimmend die „Spindelfasern". Sie bilden mit der Kernplatte zusammen die „Kernspindel". — Die Spindelfasern treten am schönsten und deutlichsten hervor, wenn die Kernplatte nur auf eine äquatoriale Schicht von Körnern oder Stäbchen beschränkt ist. Sie werden um so weniger sichtbar, je grössere Ausdehnung die Kernplatte nach den Polen zu gewinnt. In solchen Kernspindeln wie diejenigen der Staubfädenhaare von Tradescantia, bei welchen die Elemente der Kernplatte von einem Pol zum andern reichen, ist von den Spindelfasern nichts mehr zu sehen. Die Spindelfasern fehlen aber nicht, sind vielmehr zwischen den Elementen der Kernplatte verborgen. Dass dem so ist, folgt eigentlich schon aus der Thatsache, dass sie überall sichtbar sind, wo die Kernplatte auf die Aequatorialebene beschränkt erscheint; noch überzeugender aus der Wahrnehmung, dass sie in Kernspindeln sichtbar w[illegible] scheinen, wenn sich die Kernsubstanz [illegible]ckgezogen hat. So

beobachteten wir bei Leucoium aestivum zunächst Kernspindeln, die mit polwärts gerichteten Fortsätzen an der Kernplatte versehen waren und von Spindelfasern nichts zeigten, dann solche mit auf den Aequator beschränkter Kernplatte und mit schönen Spindelfasern. In den flachgedrückten Kernspindeln von Lilium Martagon wurden zwischen den tingirten, polwärts gerichteten Fortsätzen der Kernplatte auch die nicht gefärbten Spindelfasern sichtbar. Aus dem Umstande, dass beide Elemente in jeder Kernspindel vertreten sind, erklärt sich weiter die Thatsache, warum man auch schon früher einzelne Kernspindeln der einen Art unter denen der andern Art finden konnte. So Schleicher[1]) im Knorpel der Batrachierlarven, ich selbst in den Integumenten der Samenknospen von Nothoscordum. Bei Tradescantia zeigen die Staubfädenhaare und die Antherenwandung Kernspindeln, die scheinbar nur aus einer Art von Elementen bestehen, die Pollenmutterzellen solche mit Kernplatte und mit Spindelfasern. In den Pollenmutterzellen von Allium Moly kann man endlich an solchen Kernspindeln, welche nur wenig polare Fortsätze an der Kernplatte zeigen, die Spindelfasern leicht, — an solchen, die zahlreiche Fortsätze besitzen, die Spindelfasern nur schwer nachweisen.

Von dem Augenblicke an, da ich zu der Ueberzeugung gelangt war, dass alle Kernspindeln aus Kernplattenelementen und Spindelfasern aufgebaut sind, liess ich die Unterscheidung der betreffenden Kernfigur in Kernspindeln und Kerntonnen fallen und in diesem Sinne ist denn auch die Bezeichnung Kernspindel hier überall im Texte gebraucht.

Die Spindelfasern sind in allen Fällen sehr zart. Sie färben sich, wie schon hervorgehoben wurde, nicht, oder doch nur wenig. Sie convergiren meist nach den Polen. Ist die Convergenz stark, so schneiden sie sich hier und die Vereinigungsstelle ist dann öfters durch stärkere Lichtbrechung markirt. Ist die Convergenz schwächer, so treffen sich die Spindelfasern nicht, enden vielmehr blind in dem umgebenden Plasma. Bei Spirogyra laufen die Spindelfasern zu einander parallel, divergiren manchmal sogar polwärts ein wenig.

In vielen Fällen pflanzlicher Kernspindeln mit äquatorialer Kernplatte sieht man die Spindelfasern deutlich an die Elemente der Kernplatte beiderseits ansetzen. Dies veranlasste in mir ursprünglich die Vorstellung, die Elemente der Kernplatte seien

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVI, Taf. XIII, Fig. 10.

nur Anschwellungen der Spindelfasern. Von dieser Vorstellung kam ich erst ab, als ich Kernspindeln kennen lernte, mit seitlich zwischen den Spindelfasern hervortretenden Elementen [1]). Seitdem konnte ich mich überzeugen, dass sich in den meisten Fällen, soweit als es die Beobachtung eben sicherstellen lässt, die Spindelfasern auch zwischen den Elementen der Kernplatte von einem Pol zum andern verfolgen lassen. Die Zahl der Spindelfasern ist im Allgemeinen grösser als diejenige der Kernplattenelemente. Ein schönes Beispiel für den Fall, wo sie ihr gleich ist und wo die Spindelfasern beiderseits an die Kernplattenelemente ansetzen, würden die Keimzellen der Spermatozoiden von Blatta germanica abgeben, angenommen, dass die polwärts laufenden Fäden hier wirklich Spindelfasern sind. Letzteres ist nun in der That nach den Beschreibungen von Bütschli und Mayzel sehr wahrscheinlich.

Auf die verschiedene Tinctionsfähigkeit der Kernplattenelemente und Spindelfasern haben in letzter Zeit mit Nachdruck Arnold [2]) und Flemming [3]) hingewiesen. Flemming unterscheidet hiernach sogar in der „Kernsubstanz" zwischen Chromatin, dem sich färbenden, und Archromatin, dem sich nicht färbenden Theile [4]). Auch spricht Flemming bereits die Ansicht aus, dass die „achromatischen" Fäden in denjenigen Objecten, wo man sie nicht zu sehen bekommt, in der tingirbaren Kernfigur verborgen liegen. Es gelang Flemming dieselben jetzt auch bei Salamandra nachzuweisen [5]). „Hiernach muss ich denken," schreibt er, „woran ich früher noch zweifelte, dass diese Fäden, in mehr oder minder deutlicher Ausprägung, ganz wohl ein allgemeines Vorkommen bei der indirecten Zelltheilung sein können." — Ich bin in diesen Punkten somit zu denselben Resultaten wie Flemming gelangt, nicht so betreffs der Veränderungen, die Flemming der Kernsubstanz durchmachen lässt, um bis zur Spindelform zu gelangen. Da sollen nach der früheren Fassung [6]): 1) Gerüst (Ruhe); 2) feinfadiger Knäuel; 3) Verdickung und Lockerung feiner Fäden; 4) centrale und periphere Schlingen (Kranzform); 5) Sternform des Mutterkorns; 6) Spaltung seiner Strahlen; 7) feinstrahliger

1) Befruchtung und Zelltheilung p. 86.
2) Archiv für path. Anat., Phys. u. kl. Med. Bd. LXXXVIII, 1879.
3) Archiv für. mikr. Anat. Bd. XVIII, 1880.
4) l. c. p. 158.
5) l. c. p. 184 u. 218.
6) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVI, p. 392.

Stern; 8) Aequatorialplatte; nach der neuen Fassung[1] als Hauptglieder: Ruhe (Gerüst), Knäuel, Stern, Aequatorialplatte auf einander folgen. Diese Reihenfolge gilt, meiner Meinung nach, zunächst nur für die Flemming'schen Objecte. Die vorhin geschilderten Entwicklungsreihen würden sich, zum Theil selbst mit grösstem Zwang, in das Schema nicht hineinbringen lassen; einzelne Fälle, wie die Pollenmutterzellen der Allium-Arten, würden sich hingegen mit leichten Abweichungen in dasselbe schicken. Jedenfalls besitzt aber das genannte Schema nicht die allgemeine Gültigkeit, die ihm Flemming geben möchte. Die Umlagerungen der Kernsubstanz, welche zur Bildung der Kernspindel führen, können eben bei den verschiedenen Pflanzen verschieden sein, eben so gut wie auch die fertigen Kernspindeln sich von einander unterscheiden. Im Ganzen genommen, bewegen sich diese Differenzen doch aber nur in einem engen Raume, und es zwingt die Thatsache, dass gewisse Erscheinungen fast mit voller Uebereinstimmung an entlegenen Orten des organischen Reiches wiederkehren können, zu der Ueberzeugung, dass die Aehnlichkeit der Gestalten durch ähnliche stoffliche Zusammensetzung der Zellkerne in solchen Fällen bedingt werde.

Spaltungen der Kernfäden in der Art, wie sie von Flemming im Sternstadium der Kerne beschrieben werden, sind mir bis jetzt bei Pflanzen nicht vorgekommen.

Wie wiederholt hervorgehoben wurde, geht die ganze tingirbare Kernsubstanz in die Bildung der Kernplatte ein; woher stammen aber die Spindelfasern? Ich bin im Laufe dieser Untersuchungen zu der Ueberzeugung gelangt, dass das umgebende Protoplasma das Material für dieselben hergiebt.

Wenn ein Zellkern in Theilung eintreten soll, sammelt sich das umgebende Protoplasma um denselben. Dies ist besonders deutlich dort, wo der Zellkern suspendirt ist (wie bei Spirogyra), oder das angesammelte Protoplasma sich gegen das benachbarte irgend wie auszeichnet (wie in thierischen Eiern). Bei Spirogyra sammelt sich das Protoplasma an den beiden Endflächen des noch ruhenden Zellkerns, an denjenigen Flächen, welche zu den Polen der Kernspindel werden sollen. Die ganze Kernsubstanz zieht sich hierauf zur Kernplatte zusammen, während gleichzeitig von beiden Seiten her das angesammelte Protoplasma gegen diese Platte vordringt. Augenscheinlich werden die Spindelfasern von

---

1) l. c. p. 18.

diesem Plasma erzeugt und färben sich daher auch später wie das angrenzende Zellplasma. — In den thierischen Eiern sammelt sich zunächst farbloses Protoplasma um den ganzen Kern, dann wandert es nach dessen Polen, wo es sich mit Strahlen umgiebt. Hier schwindet die Membran des Kernes. Bei den Heteropoden: Pterotrachaea mutica und Pt. Friderici soll, nach Fol [1]), deutlich zu sehen sein, dass bei Anlage der ersten Richtungsspindel aus dem Keimkern die Bildung der Spindelfasern an den Sonnen beginnt und dass sie in das Innere des Keimbläschens fortwachsen. Der Inhalt des Kerns hängt unmittelbar mit der centralen Ansammlung innerhalb der Sonnen zusammen. In seiner letzten Arbeit ist Fol der Meinung, dass diese Spindelfasern aus dem plasmatischen Netz des Kernes hervorgehen, in älteren Mittheilungen deutete er sie hingegen als Dotterstrahlen [2]). Diese ältere Ansicht halte ich für die richtigere und wird sie durch die neu hinzugekommene, hier angeführte Beobachtung, glaube ich, nur gestützt. Hingegen irrte Fol, als er früher meinte, die ganze Kernspindel gehe aus den Dotterstrahlen hervor. — Vor Fol gab auch Bobretzky [3]) bereits für Nassa mutabilis an, dass die von den Sonnen ausgehenden Strahlen im Innern des Kerns zusammentreffen. Auch er liess übrigens die ganze Figur aus diesen Strahlen hervorgehen und glaubte, der eigentliche Kern werde aufgelöst und die neuen Kerne in den centralen Körpern der Sonnen gebildet. — Zu unserer Auffassung passt auch eine Angabe von O. Hertwig [4]), welche die Bildung der Spindel aus dem Keimbläschen bei Asteracanthion betrifft. O. Hertwig beschreibt nämlich: wie hier ein Protoplasmahöcker aus der Umgebung in das Innere des Keimbläschens vordringt und wie in diesem Höcker bald die eine und dann auch die andere Strahlenfigur auftritt. Doch auch wo das Eindringen des umgebenden Protoplasma in den Zellkern, zur Bildung der Spindelfasern, nicht zu constatiren ist, findet sich die oft deutlich nachweisbare Ansammlung von Protoplasma an den Kernpolen und aus dieser Uebereinstimmung ist auf weitere zu schliessen. — In den Fällen aber, wo die Kernwandung ausnahmsweise lange erhalten bleibt, zeigt sich dieselbe stets vor

---

1) Mém. de la soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève. Tome XXVI, 1879, p. 183.

2) Comptes rendus de l'Acad de sc. 1876, p. 667 Oct. und Archives de zool. exp. T. V, 1876. Sep.-Abdr. p. 8.

3) Archiv für mikr. Anat. Bd. XIII, 1877, p. 95.

4) Morphol. Jahrb. III, p. 271, 1877 und ebendas. Bd. VI, p. 160, 1878.

Auftreten der Spindelfasern an den Polen durchbrechen, und der Zusammenhang mit dem angrenzenden Plasma hier somit hergestellt. — Solche Fälle endlich, in welchen das gesammte Plasma der Zelle in die Theilungsfigur des Zellkernes aufgenommen wird, hören gleichzeitig auf als unerklärte Ausnahmen dazustehen. Es hat dann nämlich der Kern nur mehr Zellplasma als für gewöhnlich aufgenommen. So muss es nach der Beschreibung von Flemming [1]) in den rothen Blutzellen der Salamandralarve sein.

Da nun die Bildung der Spindelfasern von den beiden Polen des Zellkerns aus beginnt und gegen den Aequator fortschreitet, so können die continuirlichen Spindelfasern, die sich, zwischen den Elementen der Kernplatte, von einem Pol zum andern verfolgen lassen, nur durch Verschmelzung aufeinandertreffender Enden entstanden sein. Andere Spindelfasern setzen beiderseits an die Elemente der Kernplatte an.

Die Bildung der Spindelfasern begleitet in Kernspindeln mit niedriger, äquatorialer Kernplatte, den Rückzug der Kernsubstanz nach dem Aequator. In Kernspindeln mit hoher Kernplatte dringen die Spindelfasern zwischen die polwärts gerichteten Fortsätze der Kernplatte ein.

Das in die Kernspindel in Gestalt von Spindelfasern aufgenommene Zellplasma wird nicht der Kernsubstanz assimilirt, vielmehr während der Theilung als „Verbindungsfäden" wieder ausgeschieden.

Die Kernspindel besteht somit aus Kernsubstanz und Zellplasma, die Kernsubstanz ist nur durch die Kernplatte vertreten.

Eine Vermischung der Kernsubstanz mit dem Zellplasma nehme ich hierbei nicht an, die tingirbare Kernsubstanz bleibt als solche scharf gegen die Umgebung geschieden.

In seltenen Fällen erscheint die Kernspindel von einem hellen Hof umgeben. Bei Pflanzen beobachtete ich denselben nur in den Eiern der Coniferen und zwar in sehr saftreichen Kernen. Bei Bildung der Kernspindel hatte eine ganz auffallende Volumreduction im Verhältniss zum ruhenden Zellkerne stattgefunden. Ich bin geneigt, den hellen Hof als von ausgetretenem Kernsaft gebildet anzusehen. In thierischen Zellen sind die hellen Höfe viel häufiger beschrieben worden; der Behauptung, dass sie Kunstproducte seien,

---

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVI, Taf. XVII, Fig. 19—21. Die Theilungsfigur des Kerns füllt die ganze rothe Blutzelle so ziemlich aus und ist 2—3 Mal so gross wie der ruhende Kern (l. c. p. 396).

tritt Flemming[1]) mit der Thatsache entgegen, dass man sie auch in lebenden Zellen sehen kann.

Die Theilung der Kernplatte wird im Aequator vollzogen und beide Hälften rücken auseinander. Ich nehme an, dass die Trennung in die beiden Hälften stets in wesentlich derselben Weise erfolgt, ob nun die Kernplatte nur aus einer äquatorialen Reihe von Körnern oder Stäbchen, ob sie aus langen, von einem Kernpol zum andern reichenden Stäbchen, ob sie aus polwärts und äquatorial gelagerten Fäden besteht. Elemente, welche in der Aequatorialebene liegen, oder dieselbe durchsetzen, erfahren eine Theilung. Bei Körnern, Stäben und Stäbchen geschieht dies einfach durch Einschnürung. Besteht die Kernplatte aus gehäuften Körnern oder Stäbchen, so geht ein Theil auf die eine, ein anderer auf die andere Seite über; Elemente, welche die Aequatorialebene durchsetzen, werden eingeschnürt. Complicirter wird der Vorgang in Kernplatten, welche äquatorial gelagerte Fäden aufzuweisen haben. Diese bilden, wie wir schon wissen, meist zwei- oder mehrschenklige Figuren mit nach aussen gekehrten Schenkelenden. Ich nehme an, dass eine vollständige Spaltung auch dieser Figuren, soweit sie in Einzahl in der Aequatorialebene liegen, zu erfolgen hat. Die Figuren verdoppeln sich zu zwei einander gleichen und gehen nun auf die entsprechenden Tochterkerne über, so zwar, dass ihre verschmolzenen Enden gegen die Pole, ihre freien Enden gegen den Aequator gerichtet werden. Es ist das der einzige Ort, an dem ich bis jetzt longitudinale Spaltung von Fäden anzunehmen habe, von Fäden, die übrigens eine relativ ansehnliche Dicke besitzen.

In solchen Kernspindeln, deren Kernplatte auf die Aequatorialebene beschränkt ist und die beiderseits derselben Spindelfasern aufzuweisen haben, rücken die Kernplattenhälften polwärts rasch auseinander; nicht so in Kernspindeln, deren ganze Höhe von der Kernplatte eingenommen wird. Auf den Zustand der äquatorialen Sonderung folgt hier meist eine kurze Pause, währenddер die beiden Kernplattenhälften fast in Berührung bleiben. Es ist das eine Pause, welche der Zeit des ersten Auseinanderweichens in den zuerst erwähnten Spindeln entspricht. Dieses erste Auseinanderweichen nach den Spindelpolen fällt hier weg, da die Kernplattenelemente von Anfang an bis an die Pole reichen. Das längere Andauern dieses charakteristischen Zustandes hatte mich

---

1) Arch. für mikr. Anat. Bd. XVI, p. 376.

veranlasst, denselben vor einigen Jahren, in den Integumentzellen von Nothoscordum, als Kernspindel ohne Kernplatte zu deuten [1]), ebenso bezeichnet Flemming die bereits in ihre beiden Hälften geordneten Kernplatten bei Salamandra als im Kernspindelstadium (Aequatorialplatte) befindliche. Dasselbe that ich schliesslich für die entsprechenden Kernbilder in den Staubfädenhaaren von Tradescantia. Flemming suchte nun weiter, diese in ihre beiden Hälften gesonderte Kernplatte als Typus der Kernspindel aufzustellen und glaubte annehmen zu müssen, dass die Kernplatten überall, auch wo sie aus nur einer einfachen Schicht von Körnern zusammengesetzt erscheinen, in Wirklichkeit aus äquatorial gesonderten Elementen bereits bestehen [2]). Eine Sonderung dieser Elemente hat nach Flemming schon vor genanntem Stadium stattgefunden, nur können temporäre Verschmelzungen von Fadenenden wieder eingetreten sein [3]). — Der Typus der Kernspindel, wie ich denselben zuerst bei Pflanzen aufgestellt habe, zeigt eine einfache, noch ungespaltene Kernplatte; weil nun diese Kernplatte nach Flemming, bei Thieren äquatorial gesondert sein soll, ich aber an meinem Typus für Pflanzen festhalte, so glaubt Flemming, die Uebereinstimmung zwischen Kerntheilung im Thier- und Pflanzenreiche sei hierdurch gefährdet [4]). Daher untersucht Flemming auch einige pflanzliche Objecte [5]), nämlich Nothoscordum und Allium odorum und ist bemüht zu zeigen, dass auch bei diesen die Kernplatte aus gegen einander gesonderten Fäden besteht. Dieser Widerspruch zwischen Flemming's und meinen Angaben löst sich nun zum Theil dadurch, dass Flemming die bereits in ihre beiden Hälften gesonderten Kernplatten als „Aequatorialplatte" abbildet.

Flemming lässt übrigens seiner „Aequatorialplatte" die „Sternform" und dieser „den Knäuel" vorausgehen. Die Fäden des Knäuels lockern sich allmälig, indem sie sich gleichzeitig verdicken; dann tritt eine deutliche Trennung derselben in Stücke ein. Bevor die Segmentirung ganz vollendet ist, tritt gewöhnlich eine Kranzform des Fadengewindes auf, offenbar schon Einleitung zu dem folgenden radiären Typus. Die Segmente biegen sich zu Schleifen; beginnen sich nach dem Typus: Winkel der Schleife

1) Befruchtung und Zelltheilung p. 85, 1877.
2) In der letzten Abhandl. Archiv für mikr. Anat. Bd. XVIII, 1880.
3) l. c. p. 179.
p. 185.
p. 176.

nach dem Centrum, freie Enden ihrer Schenkel nach der Peripherie zu ordnen und so entsteht die Sternform. In dieser und der vorhergehenden Phase werden die achromatischen Fäden deutlich. Jetzt findet auch eine Längsspaltung der Strahlen statt, die aber auch schon in der vorigen Phase geschehen kann. Folgt die Umordnung der Schleifen in den Typus: Winkel nach den Polen, freie Enden nach dem Aequator und damit ist die Aequatorialplatte entstanden.

In einigen Holzschnitten [1]) sucht Flemming zu veranschaulichen, auf welche Weise die Umlagerung aus der Sternform in die Aequatorialplatte vor sich geht. Er bildet als „Stern" vier V-förmige Figuren ab, deren Winkel nach einem gemeinsamen Mittelpunkt orientirt sind; hierauf drehen sich die V-förmigen Figuren um und zwar je zwei, die Winkel einander zukehrend, nach oben, je zwei nach unten. So erhalten wir eine Figur von je zwei und zwei V, welche ihre Winkel den Polen, ihre Schenkelenden einander zuwenden: als Bild der Aequatorialplatte.

Wir haben hingegen gefunden, dass auch in den der Salamandra ähnlichsten Objecten, nämlich in den Pollenmutterzellen von Allium Moly und in dem Wandbeleg des Embryosacks von Galanthus nivalis, gewisse Schleifen der Kernfigur von Anfang an polwärts gerichtet sind und sich hier, bei definitiver Ausbildung der Kernplatte, öffnen. Der Flemming'schen Sternform entsprechende Bilder boten uns nur die parallel zur Aequatorialebene gelagerten Elemente und hatten sich dieselben später nicht in der von Flemming gedachten Art umzudrehen, da sie nicht, wie in seiner Figur, senkrecht zur Theilungsebene, vielmehr in dieser selbst lagen. Es erfolgte, allem Anschein nach, eine Spaltung dieser Elemente in zu einander parallele, gleich gestaltete Figuren, die nur ihre, dem gemeinsamen Mittelpunkte zuvor zugekehrten Winkel polwärts zu stellen hatten, um in die richtige Lage innerhalb der Spindelhälften zu gelangen.

Eine äquatoriale Spaltung in der Art, wie ich sie als typisch für die Theilung der Kernplatte hier aufstelle, kommt in dem Flemming'schen Schema überhaupt nicht vor, wohl aber wird sie geschildert von Schleicher [2]) und Peremeschko [3]) an Objecten, welche den von Flemming untersuchten entsprechen.

1) l. c. p. 206 u. 208.
2) Archiv für mikr. Anat. Bd. XVI, p. 275, Taf. XII, Fig. 1, z, a'—c'.
3) Ebend. p. 443

Auch giebt Flemming selbst in seiner letzten Publication an [1]), dass in den Hodenepithelien von Salamandra eine Theilungsphase, die offenbar der Aequatorialplatte entspricht, durch ihre Fremdartigkeit auffällt. Sie präsentirt sich wie eine bauchige Fischreuse. Bei etwas lockeren Figuren dieser Art erkenne man leicht, dass je zwei Fäden an den Polen in einander umbiegen. In der Aequatorialebene suche man aber oft an diesen Figuren vergeblich nach deutlichen Unterbrechungen der Fäden. Dieser Widerspruch gegen sonstige Erfahrungen sei aber nur scheinbar, denn erstens könne man an manchen Fäden in einer solchen Kernfigur deutliche Unterbrechungen im Aequator wahrnehmen, zweitens sehe man bei Einwirkung von Reagentien (besonders Essigsäure) im Aequator an Fäden, die vorher anscheinend ganz continuirlich von Pol zu Pol der Figur liefen, bald Unterbrechungen, bald blosse „Aufblähungen" auftreten. Nach Flemming sind letztere ein Zeichen, dass hier eine differente Beschaffenheit des Fadens vorliegt und eine temporäre Berührung oder Verschmelzung der einander gegenüberstehenden Fadenenden erfolgt ist — ich bin umgekehrt der Meinung, dass es sich hier um eine beginnende Trennung der Kernplatte in zwei Hälften in dem Sinne, wie ich sie für andere Kernplatten beschrieben habe, handelt.

Weicht aber meine Auffassung in diesem Punkte von der Flemming'schen ab, so muss ich ihm andrerseits zustimmen, da er meint, dass die Kernplattenhälften innerhalb der Spindelfasern sich polwärts fortbewegen und dass die Verbindungsfäden identisch mit den Spindelfasern sind [2]). Auch ist ganz richtig, wenn Flemming angiebt [3]), dass ausser diesen noch andere Fäden ausgesponnen werden, welche sich tingiren, bald aber durchrissen und in die Kernplattenhälften eingezogen werden. Die Zahl solcher tingirbarer Verbindungsfäden ist in manchen pflanzlichen Objecten (Lilium, Galanthus etc.) zunächst sehr gross und jedenfalls ein neuer Beweis dafür, dass eine Einschnürung der Elemente in der Aequatorialebene bei der Trennung der beiden Kernplattenhälften stattfand. Hätte ein Zusammenhang hier nicht vorgelegen, so würden die Fäden nicht ausgesponnen worden sein: sie stammen von einer unvollkommenen Durchschnürung.

Die tingirbaren Verbindungsfäden werden, wie gesagt, in allen

1) l. c. p. 170.
2) l. c. p. 220.
3) l. c. p. 172.

Fällen eingezogen und es bleiben nur die nicht tingirbaren zurück.

In vielen Fällen setzen einzelne, in seltenen Fällen alle Spindelfasern direct an die Kernplattenelemente an und es ist anzunehmen, dass die Kernplattenelemente, bei ihrem Auseinanderweichen, diese Spindelfasern umgeben. Die gegenüberliegenden Spindelfasern müssen innerhalb der Kernplattenelemente sich verbunden haben. Der zwischen den Hälften des Kernplattenelementes ausgesponnene, tingirbare Faden wird dann zunächst oft die nicht tingirbare, zurückbleibende Spindelfaser decken. — Soweit die Kernplattenelemente deutlich zwischen den Spindelfasern liegen, bewegen sie sich auch zwischen denselben. Bei sehr dichten Kernplatten, oder solchen, deren Elemente seitlich verschmolzen sind, wird, wie im ersten Falle, die Kernplattensubstanz von den Spindelfasern durchsetzt. Das Auseinanderweichen der Kernplattenhälften ist jedenfalls als ein Gleiten der Substanz derselben entlang den Spindelfasern aufzufassen.

Bereits O. Hertwig[1]) hatte darauf hingewiesen, dass im Ei von Toxopneustes lividus die beiden Kernplattenhälften in „Kernbande" von der Mitte nach den Kernenden zu sich bewegen. Bütschli[2]) giebt ausdrücklich an, dass die Kernplattenhälften innerhalb der vorhandenen Kernfasern nach den Polen auseinanderwandern. Ich selbst glaubte, dass die Verbindungsfäden aus den ausgesponnenen Kernplattenelementen entstehen, getäuscht durch die Beobachtung der wirklich auf diesem Wege gebildeten transitorischen Fäden.

In solchen Spindeln, die eine äquatoriale Kernplatte von nur geringer Höhe führen, ist die Wanderung der Kernplattenhälften nach den Polen, innerhalb der Spindelfasern, besonders leicht zu verfolgen. Diese Verbindungsfäden werden nicht in die Kernhälften eingezogen, sie gehen weder bei Thieren, noch bei Pflanzen in deren Aufbau ein. Es wird somit auf diesem Wege die Substanz des Zellplasma, die in Gestalt der Spindelfasern in die Kernspindel aufgenommen wurde, wieder ausgesondert. Dass eine solche Substanzaufnahme bei der Spindelbildung überall erfolgt, das lehrt der Umstand, dass man bei fast allen bis jetzt untersuchten thierischen und pflanzlichen Objecten den zurückbleiben-

1) Morph. Jahrb. Bd. I. Sep.-Abdr. p. 68, 1875.
2) Abhandl. der Senckenb. Ges. Bd. X, 1876. Allg. Theil.

den Verbindungsfäden zwischen den auseinanderweichenden Kernplattenhälften beobachtete. Auch in den Staubfädenhaaren von Tradescantia, deren Kernspindel von Spindelfasern zunächst nichts zeigt, sind nicht längere Verbindungsfäden zwischen den auseinanderweichenden Spindelhälften leicht nachzuweisen. Selbst zwischen den beiden Spindelhälften bei Cladophora und Codium bleibt ein nicht längerer Faden zurück, dessen definitive Ausbildung Berthold[1] feststellen konnte.

Die auseinanderweichenden Elemente der Kernplatte werden meist stäbchenförmig, auch wo sie zuvor eine andere Gestalt besassen. Die Stäbchen spreizen an ihren Aequatorialenden oft auseinander. In thierischen Zellen führt dies oft zu einem völligen Umschlagen der Stäbchen nach rückwärts, so dass sie fast allseitig radial den Pol der Anlage umgeben. Hierbei haben die Stäbchen in manchen Fällen auch noch eine Krümmung erfahren.

Die Stäbchen hängen nur selten während des Auseinanderweichens an ihren Polenden zusammen. Auch ist dann, für alle Fälle, eine solche Verbindung nur an einzelnen Paaren zu beobachten. Für gewöhnlich verschmelzen aber alle Stäbchen an ihren Polenden mit einander, sobald das Auseinanderweichen vollendet ist; weiter neigen sie an den Aequatorialenden zusammen, um sich auch hier zu vereinigen. Sie legen sich alsdann ihrer ganzen Länge nach an einander und bald ist die Entstehung der Tochterkernanlagen aus Stäbchen nur an einer entsprechenden Streifung zu erkennen. In den meisten pflanzlichen Zellen hebt sich alsbald eine gemeinsame Wandung von der Kernanlage ab, das Innere der Anlage erscheint aber von Balken durchzogen, welche stellenweise anschwellen, um Körperchen zu bilden, oder die auch in kleinere Körner zerfallen. Auch wo später nur ein grosses Kernkörperchen vorhanden ist, werden dieselben zunächst meist in Mehrzahl angelegt. Bei Spirogyra ist nachzuweisen, dass die übrigen Kernkörperchen schwinden, während das eine, central gelegene wächst; in anderen Fällen mögen die Kernkörperchen mit einander verschmelzen. Das Abheben der Membran bei den meisten pflanzlichen Kernen wird jedenfalls durch Aufnahme wässriger Flüssigkeit aus der Umgebung veranlasst. Diese bildet den Kernsaft. Bei Tradescantia, in den Zellen der Staubfädenhaare, geht die Streifung innerhalb der Tochterkernanlagen alsbald verloren, die ganze Substanz derselben nimmt ein zunächst fleckiges

[1] Mittheil. der zool. Stat. in Neapel Bd. II. p. 75. 1880.

Aussehen an, dann das fein punktirte, für die Tradescantia-Kerne charakteristische. Diese Punktirung beruht wohl auf einer gleichmässigen Vertheilung von Kernsubstanz und Kernsaft in dem Kern, und findet in einem fein-netzförmigen Gefüge ihren Ausdruck. Diese gleichmässige Vertheilung des Kernsaftes in der ganzen Kernsubstanz hat aber zur Folge, dass hier eine Kernwandung nicht abgehoben wird. — Flemming [1]) stellt für die von ihm untersuchten Zellen folgendes Schema der Tochterkernentwicklung auf: Allmälige Wiederordnung der Schleifen in je einer Tochterfigur nach dem Typus (in Beziehung auf die künftige Halbzelle), Winkel nach dem Centrum, freie Enden nach der Peripherie; Sternform; die Fäden nehmen geschlängeltere Lagen an; oft Kranzform; Unterbrechungen des Gewindes werden immer weniger und undeutlicher sichtbar, wohl durch Verschmelzung von Fadenenden; Knäuel, der sich allmälig verdichtet, Unterbrechungen des Fadengewindes sind nicht mehr deutlich; Gerüst (Ruhe, Wiedervermischung des Chromatins und Achromatins). — Dieses Schema soll für alle Zellkerne gelten und beweisen, dass die Tochterkerne, um zum Ruhezustand zu gelangen, alle die Entwicklungsphasen des Mutterkerns nach rückwärts durchzumachen haben. Eine Verschmelzung der Kernplattenelemente in der Tochterkernanlage, wie ich und andere sie beschreiben, soll nach Flemming [2]) nicht vorkommen, höchstens ein Aneinanderlegen derselben. Nun ist es aber klar, dass eine zusammenhängende, gemeinsame Wandung, wie sie sich von den meisten Tochterkernanlagen bei Pflanzen abhebt, gar nicht möglich wäre, wenn die Kernplattenstäbchen nicht zuvor, wenigstens an ihren Enden, verschmolzen wären. Wie soll andererseits eine solche Structur wie diejenige der Zellkerne von Tradescantia aus den Stäbchen hervorgehen, wenn dieselben nicht ihrer ganzen Länge nach zuvor verschmolzen wären. Jeder Tochterkern soll nach Flemming die Sternform durchmachen. Als solche Form kann bei thierischen Zellen das Stadium gedeutet werden, in welchem oft die Stäbchen der Kernplattenhälften nach rückwärts umschlagen; bei Pflanzen habe ich nichts Aehnliches beobachtet und Flemming hilft sich hier nur, indem er die Tochterkerne vom Pol aus betrachtet; dass hier aber die Sternform nichts Anderes ist als der Ausdruck der Convergenz der Stäbchen nach den Polen, ist klar. Wie sollen

1) l. c. p. 227.
2) l. c. p. 180 u. A.

für diesen Fall nur Beobachtung am lebenden Thier, ohne Anwendung von Reagentien vor.

Früher schon im Texte habe ich mich dahin ausgesprochen, dass ich eine Vermehrung der Kerne durch Abschnürung selbst in den Geweben höherer Thiere für möglich, ja zum Theil erwiesen halte, aber diesem Vorgang nicht eine primäre Bedeutung beilegen kann. Bewegungserscheinungen, die mit Formveränderungen verbunden sind, können selbst bis zur Trennung der Continuität zwischen einzelnen Theilen des Kernes führen, allein sie treffen Kerne, deren normale Vermehrung durch typische Theilung erfolgt. Nirgends steht, so weit bis jetzt bekannt, ein solcher Vorgang im Zusammenhang mit der Zelltheilung.

Beobachtungen der letzen Zeit haben gezeigt, dass auch in mehrkernigen Pflanzenzellen, die Kerne sich durch gewohnte Theilung, nicht durch Abschnürung vermehren. Gleichzeitig sind aber einige wenige Fälle aufgedeckt worden, in denen ältere Kerne in Abschnitte zerfallen. Im Embryosack von Imatophyllum cyrtanthiflorum vermehren sich die Zellkerne der Endospermzellen, nach Treub [1]), in gewohnter Weise, doch findet man auch unter den peripherischen Zellen des Endosperms solche, deren Zellkern hypertrophirt ist, andere, deren Zellkern eingeschnürt erscheint, andere, wo zwei Kernmassen nur durch ein enges Band verbunden oder völlig getrennt sind. Hierbei handelt es sich nicht um einen normalen Vorgang. — Wohl aber giebt es im Pflanzenreiche einen von Schmitz [2]) entdeckten, fast gleichzeitig auch von Treub [3]) beobachteten und auch von mir in diesem Buche beschriebenen Fall, in welchem ein Zellkern sich normaler und constanter Weise durch Einschnürung vermehrt. Es geschieht das in den grossen Internodialzellen der Characeen. Der Kern übrigens, der diesen Vorgang ausführt, ist selbst aus normaler Theilung hervorgegangen. Bevor er sich einzuschnüren beginnt, verändert er vollständig sein Aussehen und giebt dadurch zu erkennen, dass er den Charakter eines Zellkerns eingebüsst hat.

Aus zahlreichen Beobachtungen an Pflanzenzellen und einer Anzahl derselben an thierischen Objecten stellt es sich heraus, dass den Zellkernen ganz allgemein die Fähigkeit zukommt, mit einander verschmelzen zu können. Dabei vereinigen sich, wie in

1) Notice sur les noyaux de cellules végétales in E. van Beneden und Ch. v[illegible]heke Archives de Biologie 1880, p. 396.

[illegible]r niederrh. Ges. 4. Aug. 1879. Sep.-Abdr. p. 25.

[illegible]etzt citirten Aufsatze, p. 395.

Sonnen ein und wachsen hier auf Kosten des hellen Plasmas und eines oder einiger in demselben zuvor angesammelten Körner. Bei Pterotrachaea öffnet sich sogar, nach Fol[1]), eines oder einige der Kernbläschen fiolenförmig gegen den hellen Hof, um dessen Substanz aufzusaugen.

Bei den Protozoen sind wir Vorgängen begegnet, welche bei mancher Eigenthümlichkeit doch auch noch vielen Anklang an die typischen Kerntheilungen zeigten. So beschreibt Bütschli[2]) die Theilung der „Nebenkerne" mancher Infusorien in wesentlicher mit typischer Kerntheilung übereinstimmender Weise. Anders die Theilung des „Hauptkerns", die mehr einer einfachen Einschnürung gleicht. Bei Spirochona konnte hingegen R. Hertwig[3]) auch im „Hauptkern" einige Anknüpfungspunkte an typische Kerntheilung finden. Der mittlere Theil des Kernes nimmt dieselbe streifige Differenzirung ein, doch erscheinen gleichzeitig schon an den beiden Polen Endplatten aus homogener Substanz und erfolgt auch die Theilung nicht durch Spaltung einer vorhandenen mittleren-Platte, die allenfalls als Kernplatte sich deuten liesse, vielmehr durch Streckung und schliessliche Durchreissung des mittleren Kernabschnittes. Wie die Theilung dieser Kerne, wird von Robin[4]) diejenige bei Noctilucen geschildert. Abweichender werden die Verhältnisse bei der Knospung der Podophrya-Arten. Hier treiben die Kerne Fortsätze, die abgeschnürt werden und als mit typischen Theilungsvorgängen der Kerne übereinstimmend, bleibt schliesslich nur noch die Streifung der Kernsubstanz. Diese letztere Uebereinstimmung würde sich bei den Radiolarien verlieren, wo ausser Zweitheilung und Sprossung der Kerne auch noch ein Zerfall und Auswandern der Nucleolen aus dem Mutterkern, behufs Bildung neuer Kerne geschildert wird. Doch sind die Vorgänge dort nicht in voller Continuität beobachtet und wird von mancher Seite immer noch bezweifelt, ob die als Zellkerne dort bezeichneten Gebilde wirklich solche sind. Bei der Theilung der sehr einfachen Amoeba polypodia soll endlich nach F. E. Schulze[5]) der Kern und der Nucleolus ohne weitere Veränderung eingeschnürt werden. Freilich liegen

---

1) l. c. p. 191.
2) Studien; besonders p. 115.
3) Jenaische Zeitschrift Bd. XI, p. 161.
4) Journal de l'Anat. et Phys. 1878, p. 570.
5) Archiv für mikr. Anat. Bd. XI, p. 592.

den. Früher oder später kann sich der Fadencomplex von den Schwesterkernen ablösen und erscheint dann durch feinkörniges Plasma von denselben getrennt. Jedenfalls erfolgt dies aber erst, wenn die Schwesterkerne eine distincte Wandung erhalten haben.

Wie aus früheren Schilderungen hervorgeht, hält die Entwickelung des Fadencomplexes und der Tochterkerne nicht immer gleichen Schritt. Bei manchen Pflanzen ist der Fadencomplex weiter, bei anderen weniger weit im Verhältniss zu den Tochterkernanlagen vorgeschritten. Demgemäss sehen wir in den einen Fällen relativ früher als in andern die jetzt zu besprechende Zellplatte auftreten.

Die Zellplatte kann, in sich theilenden Zellen der Characeen, Muscineen, Gefässkryptogamen und Phanerogamen, soweit die Beobachtungen reichen, nur innerhalb der Verbindungsfäden angelegt werden, wie dies Treub [1]) zuerst richtig hervorhob. Ich kann also Hanstein [2]) und Schmitz [3]) nicht beipflichten, wenn dieselben behaupten, dass die Verbindungsfäden der Kerne zuvor meist eingezogen werden und hierauf erst im Aequator der Zelle eine Trennungsschicht sich bildet.

Die Zellplatte wird aus kleinen Körnchen gebildet. Es ist schwer sich über die chemische Natur dieser Körner aufzuklären; die Reaction derselben zeigte jedenfalls, dass es keine Protoplasmakörner sind. In manchen Fällen gelingt es, sich von der Stärkenatur derselben zu überzeugen: sie färben sich mit Jod mehr oder weniger blau. In den meisten Fällen färben sie sich aber nicht. Sie bestehen trotzdem wohl überall aus einer Substanz die der Stärke und der Cellulose nahe verwandt ist. So viel ist sicher, dass sie direct in der Bildung der Cellulosewand aufgeben. Es wird somit nicht etwa eine Schicht aus Protoplasma gebildet, die sich dann spaltet und Cellulose in der Spaltungsfläche ausscheidet; die Cellulose-Wand entsteht vielmehr direct aus dem an Ort und Stelle hingeschafften Material.

Meist liegen die Körner in der Zellplatte in nur einer einfachen Schicht; sie können aber auch, namentlich wenn sie sehr klein sind, mehrschichtig auftreten. Die Körner werden in ihrer Lage entweder nur durch die Verbindungsfäden gehalten, oder

1) Natuurk. Verh. der koninkl. Akad. XIX. Sep.-Abdr. p. 26.
2) Stzbr. der niederrh. Ges. etc. Sitzung v. 5. Mai 1879. Sep.-Abdr. p. 20.
3) Ebendas. 4. Aug. 1879, p. 31.

durch diese und quer ausgespannte Plasmabrücken. Ersteres findet in dichten, letzteres in lockeren Fadencomplexen statt. Der erste Fall wiegt bei weitem vor. Die Körner stecken entweder in der Substanz der Fäden selbst und erscheinen dann als deren Verdickung, oder sie liegen deutlich zwischen den Fäden. Wenn Plasmabrücken vorhanden sind, haben dieselben die Körner stets in ihre Substanz aufgenommen. Diese, die Körner umgebenden und einschliessenden Plasmatheile erschweren sehr die Feststellung der Reaction der Körner; die Zellplatten scheinen dann nur auf Eiweiss zu reagiren.

Sehr schwer ist es, sichere Daten über den Ursprung der die Zellplatte bildenden Elemente zu gewinnen. Treub[1]) gab für die von ihm untersuchten lebenden Objecte an, dass die Körnchen in wimmelnder Bewegung sich dem Aequator der Zelle näherten um sich hier aneinander zu reihen. Ich selbst habe an der lebenden Spirogyra feststellen können, dass die zur Bildung der Scheidewand bestimmten Körnchen als solche an die Verbrauchsorte wandern. In anderen, den zahlreichsten Fällen, sieht es hingegen aus, als wenn die Körnchen an Ort und Stelle erst gebildet würden. Namentlich fällt es auf, dass sie zunächst klein sind, dann aber allmälig grösser werden. Immerhin ist es mir wahrscheinlicher, dass auch in allen diesen Fällen die Zellplatte von hingewanderten Körnchen gebildet wird, die aber, wenn sehr klein, nicht besonders auffallen und erst hervortreten, wenn sie sich in dem Aequator der Fäden zu sammeln beginnen. Das Grösserwerden der sich hier ansammelnden Körner kann aber auf eine Verschmelzung derselben, die ja alsbald in der Cellulose-Membran noch vollständiger werden soll, zurückgeführt werden. So kommt es denn, dass mir immer wieder, hier und dort, Bilder entgegentraten, die auf ein Hinwandern der Elemente der Zellplatte nach dem Verbrauchsorte hinwiesen, während in nächst verwandten Fällen hiervon nichts zu bemerken war.

Die Verbindungsfäden dehnen sich meistens seitlich so weit aus, bis dass sie den ganzen Querschnitt der Zelle überspannen. Wo dies geschehen ist, langt eben auch die Zellplatte durch die ganze Zelle. Die Cellulosewand geht hieraus simultan aus derselben hervor und schliesst im Umkreis an die Wand der Mutterzelle an. Wo der Complex von Verbindungsfäden nicht den ganzen Querschnitt der Zelle zu durchsetzen vermag, da legt er sich, wie

1) Natuurk. Verh. der koninkl. Akad. XIX. Sep.-Abdr. p. 18.

Treub [1]) zuerst zeigte, zunächst der einen Seitenwand der Zelle an und an diese anschliessend, beginnt die Bildung der Scheidewand aus der Zellplatte. Von der gebildeten Wand zieht sich aber der Fadencomplex langsam zurück, wächst gleichzeitig an seinen freien Rändern durch Bildung immer neuer Verbindungsfäden und innerhalb dieser wird die Zellplatte ergänzt, bis dass sie den ganzen Querschnitt der Zelle durchsetzt hat. — Diese Unterschiede werden bedingt durch die Grösse des Zelllumens, im Verhältniss zu der Masse des vorhandenen Protoplasmas. In den Fällen wo die Zellplatte auf einmal das Lumen der Zelle durchsetzen oder doch nur wenige Bewegungen zu diesem Behufe ausführen wird, liegt auch der Zellkern annähernd in der Mitte der Zelle; wo hingegen die Zellplatte fortschreitend das Lumen wird zu durchsetzen haben, liegt der Zellkern der Wand der Zelle an und theilt sich in dieser parietalen Lage. Ist bei centraler Lage des Zellkerns ein Zelllumen vorhanden, der Zellkern somit in dieser Lage suspendirt, so pflegt die Suspension während der Theilung vorwiegend von den beiden Polen aus zu erfolgen, weil sich dort das angrenzende Plasma sammelt. Uebrigens kann auch in Zellen, die ganz mit Protoplasma erfüllt sind, der Zellkern bei der Theilung in eine excentrische Lage gebracht werden und zwar dann, wenn die Zelle in zwei ungleich grosse Theile zerlegt werden soll.

Die aus der Zellplatte erzeugte Cellulose-Wand ist in den meisten Fällen sehr quellbar; ihre Quellbarkeit nimmt mit dem Alter ab. Die junge Wand lässt sich durch die bekannten Mittel nicht blau färben.

Nach Anlage der Zellwand wird erst zu beiden Seiten derselben eine zusammenhängende Protoplasmaschicht erzeugt. In dieser findet man oft noch zahlreiche Körnchen eingebettet, so weit diese nämlich nicht zur Bildung der Cellulose-Wand verbraucht worden sind. Die Verbindungsfäden werden hierauf undeutlich; sie sinken zu einer structurlosen Plasmamasse zusammen, die sich an die Wand der Zelle zieht, oder sie verschmelzen zu einigen gröberen Strängen, oder sie schwinden einfach in dem umgebenden Plasma. Die zusammensinkenden Verbindungsfäden ziehen in Zellen mit Lumen, die jungen Tochterkerne meist nach der neu angelegten Scheidewand. Das hier angesammelte Plasma dient denselben gleichzeitig als Nahrung. Sollen die Zellkerne

p. 80

dauernd eine parietale Lage behalten, so bleiben sie an der letzt angelegten Wand; haben sie in centrale Lage zu rücken, so verlassen sie alsbald dieselbe.

Bei Bildung der Pollenkörner und Sporen zerfällt die Mutterzelle entweder durch Zweitheilung gleich in zwei Hälften und diese wiederholen die Theilung, so dass vier Pollenkörner, respective Sporen, aus einer Mutterzelle entstehen. Die Theilungsvorgänge sind dann nicht anders als in den geschilderten vegetativen Zellen; die Zellplatten reichen durch den ganzen Querschnitt der Zellen, und bilden die Cellulose-Wände. Die vier erzeugten Zellen liegen in derselben, oder in zwei sich rechtwinklich schneidenden Ebenen. In andern Pollen- oder Sporenmutterzellen wird hingegen die nach der ersten Zweitheilung des Kerns gebildete Zellplatte wieder rückgebildet, während die beiden Schwesterkerne die Theilung wiederholen. Die vier Kerne ordnen sich meist tetraëdrisch, seltener in einer Ebene an, die fehlenden Verbindungsfäden werden aber im Zellplasma ergänzt und dann alle Zellplatten simultan ausgebildet. Die Zellplatten entstehen somit zum Theil in Verbindungsfäden, die zwischen den Schwesterkernen aus Anlage der Spindelfasern sich bildeten, zum Theil in solchen, die ganz frei im Zellplasma angelegt wurden. Diese Verbindungsfäden unterscheiden sich durchaus nicht von einander und können als noch ein weiterer Beleg für die Zellplasma-Natur der Spindelfasern dienen.

Eigenthümlich sind die Theilungsvorgänge wie sie uns in den Sporenmutterzellen einiger Moose (Anthoceros) und den Makrosporen-Mutterzellen von Isoëtes vorliegen. Eine neben dem Zellkern gelegene Plasmamasse theilt sich hier zunächst in zwei Theile, diese nochmals in zwei, worauf die vier gesonderten Massen sich tetraëdrisch anordnen. Hierauf theilt sich erst der Kern in gewohnter Weise, die beiden Tochterkerne rücken zwischen je zwei der Plasmamassen. Die Verbindungsfäden der Schwesterkerne schwinden, ohne sich zu vermehren und ohne eine Zellplatte zu bilden. Hierauf wiederholen die beiden Schwesterkerne die Theilung, die je zwei Enkelkerne legen sich den, einander zugekehrten Seiten je zweier Plasmamassen an, entsprechend der Stellung, welche die Tochterkerne, von denen sie stammen, zwischen je zwei Plasmamassen inne hatten. Auch zwischen den vier Enkelkernen sind die Verbindungsfäden bald verschwunden. Die gesonderten Plasmamassen waren hingegen bei ihrer Trennung durch einige Plasmafäden verbunden geblieben. Die Zahl dieser Fäden

vermehrt sich und sie zeigen nunmehr ganz denselben Habitus als wie sonst die zwischen Schwesterkernen gelegenen Complexe. In diesen Fäden entstehen auch die Zellplatten in gewohnter Weise und werden simultan in Cellulose-Wände übergeführt. Die Mutterzelle erscheint somit in vier tetraëdrisch angeordnete Zellen zerlegt, es nehmen aber nicht die Zellkerne, vielmehr die Plasmamassen die Mitte jeder Zelle ein. Die Zellkerne zeigen zu diesen seitliche Lagen. Die Zelle hat sich in sonst gewohnter Weise, doch augenscheinlich ohne alle Betheiligung des Zellkerns, getheilt. In gewohnter Weise grenzen sich auch die plasmatischen Körper der Zellen gegen die neuen Scheidewände ab, die Verbindungsfäden schwinden gleichzeitig in dem umgebenden Plasma.

Die Verbindungsfäden sind somit bei Anthoceros ohne alles Zuthun der Zellkerne erzeugt worden, ganz frei im Zellplasma. Dieses Verhalten musste uns sehr fremdartig erscheinen, solange wir nicht wussten, dass auch in den anderen Sporen- und Pollenmutterzellen mit simultaner Viertheilung, ein gleicher Vorgang zum Theil sich abspielt. Während aber dort nur ein Theil der Verbindungsfäden frei entsteht, ein andrer von den Spindelfasern ausgeht, werden bei Anthoceros (und den andern entsprechenden Fällen) alle Verbindungsfäden frei erzeugt. Interessant bleibt der Fall von Anthoceros immerhin, weil die Zellkerne auch nicht einmal die Centren bilden, um welche die Verbindungsfäden ansetzen. Dies kann zur Beleuchtung des Verhältnisses von Kern- und Zelltheilung dienen und später noch verwerthet werden.

In den Makrosporen-Mutterzellen von Isoëtes spielen sich dieselben Vorgänge, wie bei Anthoceros ab, die Mikrosporen-Mutterzellen theilen sich hingegen in gewohnter Weise, durch succedane Zweitheilung. Die Makrosporen von Isoëtes dürfen sich aus den Mikrosporen entwickelt haben, und der in den Makrosporen-Mutterzellen vorliegende Vorgang somit aus dem normalen. Die volle Indentität der Erscheinungen in den Sporen-Mutterzellen von Anthoceros und den Makrosporen-Mutterzellen von Isoëtes zeigt aber, wie an ganz entlegenen Stellen des Pflanzenreichs, unabhängig von einander die gleichen Vorgänge, wohl aus gleichen Ursachen, aufgetreten sein mögen.

Die merkwürdigen Processe der Theilung, wie sie bei der Bildung einiger Spaltöffnungsmutterzellen und der Antheridialzellen von Farnen vorliegen, lassen sich unschwer an die gewöhnliche Zweitheilung anreihen. Das Charakteristische dieser Vorgänge besteht darin, dass das Protoplasma der Mutterzelle sich nicht

gleichmässig auf die beiden Tochterzellen vertheilt und dass die Schwesterzellen meist von ungleicher Grösse sind. Das Plasma sammelt sich an einer bestimmten Stelle der Mutterzelle, den Zellkern mit sich führend; der Zellkern theilt sich, und nach dem einen der Schwesterkerne zieht sich fast das gesammte Plasma. Füllt das angesammelte Plasma den ganzen Querschnitt der Mutterzelle an der betreffenden Stelle aus, so kann die in den Verbindungsfäden entstehende Scheidewand ziemlich gerade verlaufen und setzt an die Seitenwände der Mutterzelle an. Füllt die Plasma-Ansammlung nicht den ganzen Querschnitt der Mutterzelle, so muss die Scheidewand mit ihren beiden Enden an die eine Seitenwand der Mutterzelle ansetzen und erfährt, um dieselbe rechtwinklich treffen zu können, eine mehr oder weniger starke Krümmung. Die inhaltsreichere, gewöhnlich kleinere Zelle erscheint nun durch eine U-förmige Scheidewand von ihrer inhaltsärmeren, gewöhnlich grösseren Schwesterzelle getrennt. Hat sich das Plasma nach der Mitte der Zelle gezogen und sammelt sich hier um den einen Kern, so entstehen die kreisförmig abgeschlossenen Scheidewände, indem nämlich die Scheidewand nur an die obere und untere Wand der Mutterzelle ansetzt, aber keine der Seitenwände erreichen kann. Sie wird somit kreisförmig um die inhaltsreichere Schwesterzelle herumgeführt, bis auf der entgegengesetzten Seite ihrer beiden Ränder aufeinanderstossen. Einer der beiden Ränder biegt dann wohl auch nach aussen um und verlängert sich, bis er rechtwinklich die Seitenwand der Mutterzelle trifft, während er selbst von dem anderen Rande rechtwinklich getroffen wird. So finden wir dann inhaltsreiche Zellen, welche in ihrer Schwesterzelle gleichsam wie in einem Ramen stecken, resp. mit einer einfachen Scheidewand, an nur einer Stelle, die Schwesterzelle durchsetzen. In denjenigen Fällen, wo der Zellkern bei der Theilung sich ausserdem schräg stellt und der eine Schwesterkern mit der Plasma-Ansammlung höher als der andere in der Mutterzelle zu liegen kommt, wird die Scheidewand mit trichterförmiger Erweiterung nach oben gebildet.

In den Pollenkörnern der Phanerogamen wird auch dann, wenn dieselben vollständig mit Protoplasma angefüllt sind, der Zellkern an die eine Seitenwand geführt, um sich hier zu theilen. Die Zellplatte die hierauf in gewohnter Weise zwischen den beiden Schwesterkernen angelegt wird, läuft uhrglasförmig nach der einen Seitenwand der Mutterzelle. Hierzu tritt dann bei Angiospermen weiter die Eigenthümlichkeit hinzu, dass die so

gebildete Zellplatte, oder eine aus ihr hervorgegangene sehr zarte Membran in den meisten Fällen wieder resorbirt wird und die beiden Zellkerne nun einem gemeinsamen Zelllumen zufallen.

Bei den untersuchten Algen (die Characeen nicht mit eingerechnet) und Pilzen sind mir bis jetzt nur von der Zelltheilung der höheren Pflanzen etwas abweichende Vorgänge der Zelltheilung begegnet. In keinem dieser Fälle konnte ich hier die Bildung einer Zellplatte in Verbindungsfäden nachweisen, die sich auf die Spindelfasern der Kerne hätten zurückführen lassen.

Bei Sphacelaria scoparia ist der Zellkern mit äquatorialer Kernplatte und Spindelfasern versehen, theilt sich in gewohnter Weise und bildet einige Verbindungsfäden. Diese sieht man sich aber nicht vermehren, vielmehr schwinden. Zwischen den beiden Schwesterkernen nimmt aber das Plasmanetz der Zelle eine Anordnung an, die an Verbindungsfäden erinnert und innerhalb der so angeordneten Netze sammelt sich im Aequator das körnige Material: zunächst in der Verbindungslinie beider Kerne, alsbald seitlich sich zur vollständigen Zellplatte, bis an die Seitenwandung der Mutterzelle hin, ausbreitend. Innerhalb der angesammelten Körner wird die junge Scheidewand erzeugt. — Das Netz, das hier zwischen beiden Kernen ausgebildet wird, lässt sich immerhin mit dem frei entstandenen Theile der Verbindungsfäden in Sporen- und Pollenmutterzellen, oder den Verbindungsfäden von Anthoceros und Isoëtes vergleichen, nur stellt es nicht einen so abgeschlossenen und ausgeprägten Complex wie diese dar. Auch die Zellplatte ist hier auffallend massig entwickelt. Immerhin ist der Fall von Sphacelaria geeignet, zwischen den extremen Fällen zu vermitteln und zu zeigen, dass es sich hier nicht um principiell verschiedene Vorgänge handelt.

Bei Oedogonium theilt sich der wandständige Zellkern ganz ähnlich wie bei Tradescantia. Doch entstehen nicht Verbindungsfäden, in denen eine Zellplatte angelegt werden könnte. Die beiden auseinandergewichenen Schwesterkerne nähern sich vielmehr einander, indem sie die zwischen ihnen befindliche feinkörnige Plasmamasse verschlucken, fast bis zur Berührung. Sie verbleiben dabei in wandständiger Lage. Hierauf wird eine Plasmabrücke ausgebildet, welche, zwischen den beiden Kernen verlaufend, den ganzen Querschnitt der Zelle durchsetzt. In dieser Plasmabrücke wird eine körnige Zellplatte erzeugt, die in eine Scheidewand aus Cellulose übergeht. Von dieser und wandern nun diese beiden Schwesterkerne ab und

zieht sich von ihr auch fast alles Plasma zurück. Wie bekannt, wird bei Oedogonien ein Cellulosering gebildet und reisst die Mutterzelle an dieser Stelle später auf. Die Bildung des Ringes wird gleichzeitig mit den ersten Veränderungen am Zellkern bemerkbar. Der Ring wird, wie schon oft geschildert, zu einer dünnen Membran gedehnt, welche die obere der beiden Schwesterzellen zu umhüllen hat. Die angelegte Querwand wird aber bis an die untere Ansatzstelle des eingeschalteten Membrancylinders gehoben und verwächst hier erst im Umkreis mit dieser.

Bei Spirogyra werden die Verbindungsfäden, die zwischen den auseinanderweichenden Kernhälften entstehen, alsbald zu einigen dickeren Strängen vereinigt und von dem umgebenden Plasma ernährt, so dass sie länger, stark concav auf ihrer Innenseite werden und in weiten Bögen die auseinanderweichenden Kernanlagen verbinden. Ihre Anheftung ist gleichzeitig auf den Rand dieser Anlagen gerückt. Eine Zellplatte kann in diesen Fäden nicht erzeugt werden, vielmehr schreitet die Theilung der Zelle von aussen nach innen ringförmig fort. An der Wand der Mutterzelle sieht man im protoplasmatischen Beleg eine ringförmige Ansammlung farblosen Protoplasmas sich bilden; dieser führen feine Protoplasmaströme von allen Seiten kleine Körner zu. Diese Körnchen reagiren auf Stärke. Sie werden zur Ernährung der Mutterzellwand an einer scharf umschriebenen ringförmigen Stelle im Umkreis der ganzen Zelle verwendet. Sie erinnern in ihrer Anordnung und Verwendung sehr an die Elemente der Zellplatten und sind auch als eine ringförmige, an ihrem innern Rande wachsende Zellplatte aufzufassen. Die junge Scheidewand wird als Leiste an der Mutterzellwand angelegt und an ihrem inneren Rande fort und fort ergänzt. So dringt sie immer tiefer in das Lumen der Zelle ein. Ihr eilt die ringförmige Zellplatte voran, die dicker und inhaltsreicher wird in dem Maasse, als sie sich verengt. Der Ring durchschneidet die Chlorophyllbänder und schliesslich treffen seine Ränder in der Mitte der Zelle zusammen. Die fortwachsende Cellulosewand wird zu einer vollständigen Scheidewand abgeschlossen. Die Verbindungsfäden der Kerne werden durch den vorrückenden Ring ebenfalls nach dem Innern der Zelle gedrückt, wo sie zu einem einzigen Strang zuletzt verschmolzen, der zum Theil in das Wandplasma eingezogen, zum Theil vom Zellkern verzehrt, zum Theil als Suspensionsfaden verwendet wird.

Wo nur ein Kern in der Zelle vorhanden ist, theilt er sich

gleichzeitig mit dieser, damit jeder der Schwesterzellen ein neuer Kern zufalle; wo hingegen zahlreiche Kerne in der Zelle liegen, da fallen Kern- und Zelltheilung durchaus nicht mehr zusammen.

Die Zelltheilung von Cladophora, die in diese Kategorie gehört, spielt sich ganz so wie diejenige von Spirogyra ab. Die Kerntheilungen erfolgen aber zu ganz andern Zeiten.

Bei Bryopsis, Codium und in andern ähnlichen Fällen werden die Seitenwandungen der Zellen an einzelnen Stellen ringförmig verdickt. Der gebildete Ring ist von bedeutender Dicke und wächst meist fort, bis dass er einen völligen Verschluss des Zelllumens hergestellt hat.

Wiederum eigenartig ist der Zelltheilungsvorgang bei Vaucheria. Diese führt ebenfalls zahlreiche kleine, an der Zelltheilung sich nicht betheiligende Zellkerne im Wandbeleg. Die Zelltheilung erfolgt zur Bildung der Sporangien und Geschlechtsorgane und ist dadurch ausgezeichnet, dass eine Trennung im Wandbeleg sich vollzieht und dass die beiden getrennten Plasmakörper auseinanderweichen, um sich bald wieder einander zu nähern. Im Augenblicke, wo sie sich aber fast wieder berühren, schlagen die Ränder der beiden Plasmakörper nach innen um und schliessen so die gegenseitigen Lumina gegen einander ab. Zwischen beiden Plasmakörpern entsteht eine Wand aus Cellulose.

Bei den Saprolegnien wird für Anlage des Sporangiums oder der Geschlechtsorgane eine Zellplatte aus stark lichtbrechender Substanz gebildet. Sie entsteht simultan durch den ganzen Querschnitt der Zelle, wenn dieser von Protoplasma erfüllt ist, sonst fortschreitend von aussen nach innen. Die stark lichtbrechende Substanz der Zellplatte verhält sich aber durchaus so, wie die kleinen glänzenden Kügelchen, welche hier das Plasma in seiner Masse vertheilt, an Stelle von Stärke führt. Ein schöner Beweis dafür, dass die Zellplatte nicht aus Protoplasma, sondern einem andern, der Cellulose näher verwandten Körper gebildet wird. In dem Maasse als die Cellulosewand deutlicher hervortritt, sieht man die stark lichtbrechende Substanz der Zellplatte schwinden. Die Zellplatte braucht nicht zur Bildung der Querwand [illegible] verbraucht zu werden. Die an den Wänden der [illegible] schläuche leicht nachweisbaren [illegible] sich nicht an der Zelltheilung.

Wie Saprolegnien dürften [illegible] dem Pilze verhalten.

Zelltheilung durch Einschnürung, ohne gleichzeitige Bildung einer Scheidewand, lässt sich im Pflanzenreiche nur in wenig zahlreichen Fällen der Theilung nackter Zellen beobachten. Da die typischen Pflanzenzellen stets von einer chemisch differenten Membran umgeben sind, so fällt eben die Möglichkeit einer solchen Art von Theilung für dieselben hinweg.

Die Theilung durch Einschnürung ist hingegen eine charakteristische Eigenschaft der thierischen Zellen. Sie ist mindestens eben so verbreitet im Thierreich wie die Theilung durch Vermittlung einer in Verbindungsfäden der Kerne erzeugten Zellplatte im Pflanzenreich.

In einkernigen Thierzellen geht die Theilung des Kerns der Theilung der Zelle voraus. Liegt der Kern in der Mitte der Zelle, so pflegt die Theilung allseitig zu beginnen und gleichmässig von aussen nach innen fortzuschreiten, bis dass die beiden Schwesterzellen von einander getrennt sind. Liegt der Zellkern einseitig der Oberfläche der Zelle näher, so beginnt die Einschnürung an der ihm nächsten Stelle und schreitet von hier bis nach der entgegengesetzten Seite der Zelle fort. Soll die Zelle in ungleiche Theile zerlegt werden, so wird der Zellkern erst an die bestimmte Stelle der Mutterzelle geführt und in gleichen Abständen von den beiden Schwesterzellen erfolgt nun die Theilung.

In den von Strahlen der Sonnen durchsetzten thierischen Eiern soll, nach Fol, die Theilungsebene von denselben frei sein [1]).

Verbindungsfäden dürften in allen Fällen, auch bei der Theilung thierischer Zellkerne gegeben sein, wenn auch ihr Nachweis oft ein äusserst schwieriger ist. Es bleibt aber bei der aus den Spindelfasern stammenden Zahl. Weitere Vermehrung der Verbindungsfäden und Ausbildung eines Fadencomplexes findet nicht statt; nur eine Streckung und insofern vielleicht Substanzzunahme der Fäden während des Auseinanderweichens der Tochterkern-Anlagen lässt sich in vielen Fällen nachweisen.

Diese Verbindungsfäden werden, wenn noch vorhanden, bei fortschreiender Einschnürung meist zusammengedrängt und schliesslich durchschnitten. Manchmal hängen die Schwesterzellen eine Zeitlang an denselben noch zusammen, als wenn der Einschnürung ein Hinderniss an dieser Stelle entgegen stehen möchte.

Doch wird auch von Fällen berichtet, wo in sich einschnü-

1) Rech. sur la féc. p. 176.

Wachsthum des Embryosacks sistirt wird. Die Endospermbildung schreitet dann gewöhnlich in einer bestimmten Richtung im protoplasmatischen Wandbeleg fort. Sie kann auch an dem einen oder an den beiden Enden des Embryosackes schon begonnen haben, während in der mittleren Region desselben die freie Kerntheilung noch fortdauert.

Zwischen den frei sich vermehrenden Kernen werden in gewohnter Weise Verbindungsfäden sichtbar. In manchen Fällen schwinden dieselben sehr rasch ohne vermehrt zu werden, in anderen wachsen sie nur mangelhaft an, in noch anderen sieht man hingegen, wie bei gewöhnlicher Zelltheilung, die Verbindungsfäden sich bedeutend vermehren und es tritt eine Zellplatte in denselben auf. Diese wird meistens alsbald wieder resorbirt, oder sie kann selbst zur Bildung eines Stückes quellbarer Scheidewand schreiten, das dann weiterhin resorbirt werden muss. Nah verwandte Pflanzen zeigen in dieser Beziehung Verschiedenheiten, insofern die einen Zellplatten bilden, die anderen aber nicht. Ich halte es übrigens für möglich, dass bei einer und derselben Species noch solche Differenzen aufgefunden werden, da sie vielleicht nur durch die relative Energie, mit welcher das Wachsthum des Embryosacks erfolgt, bedingt werden. Man kann sich denken, dass je rascher der Embryosack wächst, um so schneller auch die Kerntheilungen auf einander folgen müssen und dass die Ausbildung der Zellfadencomplexe und der Zellplatten dann unterbleibt; dass hingegen bei verlangsamtem Wachsthum selbst Zeit genug für Ausbildung von Scheidewandstücken übrig bleibt.

Um die noch in freier Vermehrung begriffenen Zellkerne ist stets das Protoplasma angesammelt, manchmal sternförmige Figuren, deren Mitte je ein Zellkern einnimmt, bildend. Der Wandbeleg ist meist sehr dünn, so dass die Zellkerne vorspringende Höcker, nach dem Innern des Embryosackes zu, bilden. Fast immer sind die Kerne nur in einfacher Schicht an den Seitenwänden des Embryosackes vertheilt; nur in den beiden Enden desselben, um die Keimanlage und die Gegenfüsslerinnen ist das Protoplasma öfters in stärkerer Lage angesammelt und die Zellkerne hier denn auch in mehreren Schichten vertreten.

Ist das Wachsthum des Embryosacks sistirt worden, so beginnt die Endospermbildung. Einige Modificationen lassen sich bei derselben unterscheiden. Meistens sind die Zellkerne in ziemlich gleichen Abständen im Wandbeleg vertheilt und umgeben sich jetzt mit Plasmastrahlen. Diese Plasmastrahlen entsprechen in

ihrem Bau, in ihrer Anordnung und ihrem chemischen Verhalten durchaus den Verbindungsfäden, die zwischen Schwesterkernen erzeugt werden. Sie treten hier frei um völlig ausgebildete Zellkerne auf, und das würde einen Unterschied gegen die Zelltheilung abgeben, wüssten wir nicht, dass auch in sich simultan viertheilenden Zellen ein Theil der Verbindungsfäden in eben derselben Weise angelegt wird und dass ja auch die Verbindungsfäden zwischen den Schwesterkernen aus Zellplasma bestehen.

Das freie Auftauchen der Verbindungsfäden frei um die Zellkerne hat somit für uns nichts Ueberraschendes mehr. Im Wandbeleg des Embryosacks von Caltha palustris lag uns ja sogar ein Fall vor, in welchem die zwischen den letzten Kernpaaren gebildeten Verbindungsfäden mit zur Verwendung bei der definitiven Scheidewandbildung kamen und nur durch die frei angelegten Fäden ergänzt wurden.

Die frei angelegten Fäden verbinden jeden Kern mit allen seinen Nachbaren, sie zeigen denselben Verlauf wie die Verbindungsfäden der Schwesterkerne, doch sind sie meist weniger zahlreich. Sie kommen in manchen Fäden bis dicht an die Kerne heran, erscheinen in anderen, von denselben durch körniges Plasma getrennt, können endlich in den extremen Fällen auf kurze, zu einander parallele, fast nur die Theilungsebene durchsetzende Striche beschränkt sein. Manchmal treten besonders die geradlinig die Kerne verbindenden Stränge hervor, so dass sie in den Präparaten sehr in die Augen fallen. Manchmal ist von einer Streifung nichts zu bemerken, ungeachtet die Scheidewandbildung beginnt; dies rührt nun daher, dass die Stränge sehr zart sind, oder nur auf die Theilungsebenen beschränkt, oder dass körnige Stoffe dieselben verdecken. Ich lasse es dahingestellt, ob die Fäden auch vollständig fehlen können.

Die Zellplatten treten hier in den Verbindungsfäden, ganz in derselben Weise wie zwischen den Schwesterkernen, auf. Da hier aber die Fäden oft weniger dicht verlaufen, so wird die Ausbildung querer Plasmabrücken oft nothwendig. Die Zellplatten durchsetzen senkrecht den Wandbeleg.

In den verbreiteten Fällen befindet sich je ein Kern in der Mitte der neu zu bildenden Zelle. Bei länglichen Kernen richtet sich nach diesen meist auch die Gestalt der Zelle. Manchmal sieht man zwei Kerne in einem einzigen Plasmaabschnitt liegen. Dieselben erscheinen meist noch durch Fäden verbunden und innerhalb dieser wird die fehlende Scheidewand ergänzt.

In anderen Fällen kommen aber constant Zellkerne in grösserer Anzahl fast jeglicher Zelle zu. Es werden nicht zwischen allen Zellkernen freie Verbindungsfäden ausgebildet, vielmehr nur zwischen einer unbestimmt vertheilten Anzahl derselben. Diejenigen Kerne, die nicht durch Verbindungsfäden getrennt werden, pflegen sich einander alsbald zu nähern. Sind die Zellplatten und hierauf die Scheidewände ausgebildet, so erhalten wir Zellen mit Zelltheilungen in beliebiger Menge. Einige Zellen führen bis an zwanzig Zellkerne, selbst darüber, andere besitzen nur einen einzigen. Alle diese Kerne beginnen sich nun zu theilen. Die Theilung beschränkt sich auf die Kerne oder sie ist auch mit Zelltheilung verbunden. Auf einen oder wenige Theilungsschritte folgt für alle Fälle eine Verschmelzung sämmtlicher Kerne einer Zelle zu je einem einzigen. Diese Verschmelzung kann zum Theil schon bei beginnender Differenzirung der Zellplatten beginnen. — Bei den Vorgängen letzter Art, die gar nicht so selten vorzukommen scheinen, nehmen die Kerne eine unbestimmte Stellung in den sich bildenden Zellen ein; Regel bleibt nur, dass die Zellplatten resp. Scheidewände innerhalb der Verbindungsfäden in gleichen Abständen von je zwei Zellkernen auftreten.

Die Umwandlung der Zellplatten in Scheidewände geht meist sehr rasch vor sich, manchmal so rasch, dass überhaupt unveränderte Zellplatten kaum aufzufinden sind.

Die jungen Scheidewände sind sehr quellbar, sie setzen an die Wand des Embryosacks einerseits an, enden andererseits blind an ihrem inneren Rande. Die jungen Endospermzellen umgeben sich übrigens alsbald auf ihrer freien Innenfläche mit einer zarten Membran.

Wo die Zellkerne in mehreren Schichten im Wandbeleg liegen, haben sie sich nicht nur seitlich, sondern auch nach der Tiefe hin gegen einander durch Scheidewände abzugrenzen. Die Verbindungsfäden werden demgemäss auch zwischen den in verschiedenen Tiefen liegenden Zellkernen ausgebildet.

Wie bekannt, erzeugen gewisse Pflanzenfamilien ihr Endosperm durch freie Zellbildung, andere durch fortgesetzte Zweitheilung des ganzen Embryosacks. Im Allgemeinen lässt sich nun feststellen, dass freie Bildung dort vorliegt, wo der Embryosack sehr bedeutende Dimensionen erreicht, oder doch so rasch wächst, dass die Vermehrung des Protoplasmas in seinem Innern nicht gleichen Schritt mit seinem Wachsthum halten kann. Wo der secundäre Embryosackkern seine centrale Lage bewahren kann und die

zwischen den Tochterkernen gebildeten Verbindungsfäden den ganzen Querschnitt des Embryosackes durchsetzen, findet auch eine fortgesetzte Zweitheilung des Embryosackes statt. Wo dies hingegen nicht möglich ist, gelangen die Nachkommen des secundären Embryosackkerns in das Wandplasma und vermehren sich, bis dass eintretender Stillstand im Wachsthum die Möglichkeit der Zellbildung gewährt.

Zwischen der freien Endospermbildung, wie sie sich aus diesen Untersuchungen ergiebt, und der „Vielzellbildung" ist ein Unterschied nicht mehr vorhanden. Sollen nämlich zahlreiche Sporen in einem Sporangium, oder zahlreiche Eier in einem Oogonium, oder endlich zahlreiche Spermatozoiden in einem Antheridium angelegt werden, so sehen wir in den meisten Fällen die Kerne sich zunächst durch Zweitheilung frei vermehren, in annähernd regelmässige Abstände anordnen und dann Trennungsschichten auftreten, durch welche die Plasmamasse meist in so viel Abschnitte zerlegt wird, als Zellkerne vorhanden sind. Jeder Zellkern nimmt dann die Mitte einer Zelle ein. Verbindungsfäden sind hier nicht zu beobachten, die Trennungsfäden treten unmittelbar im Protoplasma auf, weil die in Frage stehenden Vorgänge sich bei Algen und Pilzen, die auch während der Zelltheilung keine Verbindungsfäden bilden, abspielen. Wie es übrigens Zellbildung um zahlreiche Zellkerne im Endosperm giebt, so auch hier. Jedes Saprolegnia-Ei enthält zunächst zahlreiche Zellkerne, die hierauf erst mit einander verschmelzen.

Aus der Substanz der Zellplatten (der Trennungsschichten) gehen hier nur selten feste Wände hervor (so bei den Zellnetzsporangien der Saprolegnien), meist bilden sie einen sehr stark quellbaren, im Wasser sich vertheilenden Stoff, welcher als Zwischensubstanz bezeichnet wird und bei der Entleerung der Sporen eine Rolle spielt.

Wo wenig Plasma in den Mutterzellen vorhanden ist, ziehen sich die Plasmamassen auf einzelne, schliesslich sich völlig trennende Concentrationspunkte zurück. Diese Concentrationspunkte werden fast ausnahmslos von nur einem Zellkern eingenommen, können auch mehrkernig sein (so bei Anlage der Eier der Saprolegnien). Die Substanz der Zellplatten dürfte auch hier in den Zwischenräumen der Zellen vertreten sein, doch kommt sie nicht als Trennungsschicht zur Geltung.

Man glaubte früher, dass die, bei freier Endospermbildung erzeugten Zellen sich seitlich nicht berühren und dass bei deren

Bildung nicht das gesammte Protoplasma der Mutterzelle verbraucht werde. Solche Vorgänge spielen sich zwar nicht bei der Endospermbildung, doch anderwärts ab. In den Eiern von Ephedra sahen wir die Kerne sich zunächst durch freie Theilung vermehren, dann sammelt sich um jeden Kern Protoplasma an und grenzt sich nach aussen durch eine Cellulose-Wand ab. Die Plasma-Ansammlung stellt eine Kugel dar, deren Mitte vom Zellkern eingenommen wird. Das Plasma zeigt oft deutlich radiale Anordnung, auch eine Verdichtung um den Zellkern. Die Abgrenzung erfolgt durch Körnchen, die wie die Körnchen der Zellplatten aussehen, und aus ihnen geht die Cellulose-Wand hervor. Aehnliche Vorgänge spielen sich in anderen Coniferen-Eiern und dann namentlich in den Fruchtschläuchen der Ascomyceten ab. In diesen Fruchtschläuchen vermehren sich zunächst die Zellkerne und dann bildet sich um jeden eine Zelle, deren Plasma aber eine radiale Anordnung nicht erkennen lässt. Es dürfte dieser Unterschied wieder damit zusammenhängen, dass bei den Pilzen resp. Flechten, Verbindungsfäden, und mit diesen möchte ich die Strahlung um die Kerne von Ephedra vergleichen, nicht erzeugt werden.

Die Vollzellbildung habe ich auf die Fälle beschränkt, in denen aus dem gesammten Inhalte einer Zelle, eine wirkliche neue Zelle gebildet wird. Diese Vorgänge schliessen unmittelbar an die freie Zellbildung an: und wir sehen, dass Mutterzellen, die für gewöhnliche Tochterzellen in Mehrzahl erzeugen, gelegentlich auch nur eine bilden können (Ulothrix). Auch das umgekehrte Verhältniss kommt vor. Für den Verlauf der Vollzellbildung ist es wiederum gleich, ob die Mutterzelle nur einen, oder ob sie zahlreiche Zellkerne führt. Nur einen Zellkern erhält die Schwärmspore von Oedogonium, zahlreiche die Schwärmspore von Vaucheria, oder das Ei der monosporen Saprolegnien.

Mit der Umbildung der Mutterzelle in die Tochterzelle können sehr complicirte Veränderungen des Körpers derselben verbunden sein, wie dies die Entwicklungsgeschichte der Schwärmer von Oedogonium und Vaucheria lehrt: es braucht auch nicht der gesammte Inhalt der Mutterzelle in der Bildung der Tochterzelle aufgehen, wie das namentlich bei der Entwicklungsgeschichte mancher Spermatozoiden zu verfolgen ist.

Die freie Zellbildung im Thierreiche verhält sich zum Theil so wie die pflanzliche Vollzellbildung. In den Eiern der Decapoden vermehren sich die Kerne zunächst durch Theilung, dann zerfällt der Dotter in so viel Theile, als Kerne vorhanden sind.

Eigenartiger sind die Vorgänge in den Eiern der Insekten und Spinnen, wo ein Theil der durch Theilung vermehrten Kerne an die Oberfläche rückt und das Blastoderm bildet. Ich halte es nicht für wahrscheinlich, dass die strahligen Plasmamassen, welche die Kerne im Innern des Dotters umgeben, schon Zellen seien, glaube vielmehr, dass eine Abgrenzung der Plasmamassen um die Zellkerne erst erfolgt, wenn dieselben die Oberfläche erreichen. Verbindungsfäden, in der Art wie bei pflanzlichen Objecten, werden nicht hergestellt. Mit diesem Vorgange in den Insekten- und Arachniden-Eiern ist zu vergleichen die Abschnürung der Eier und Spermatozoiden-Keimzellen von zusammenhängenden vielkernigen Plasmamassen, nur dass diese Abschnürung succedan erfolgt. — Die Keime der Dicyemiden sollen hingegen um freie Kerne, wie etwa die Zellen in den Eiern von Ephedra, entstehen. E. van Beneden [1]) will hier sogar eine radiäre Structur des Protoplasmas der in Bildung begriffenen Keime beobachtet haben.

Auf Grund zahlreicher, eigener Untersuchungen, so wie durch das Studium der einschlägigen Literatur geleitet, bin ich zu der Ueberzeugung gelangt, dass die Kerntheilung und die Zelltheilung zwei von einander zu trennende Vorgänge sind. Ich glaubte früher annehmen zu müssen, dass die Kerne die Zelltheilungen beherrschen, die Fälle, wo dies nicht stattfindet, versuchte ich als abgeleitete zu deuten. Diese Auffassung musste einer anderen weichen, in dem Maasse, als das Gebiet meiner Erfahrungen wuchs.

Zunächst steht es für eine grosse Zahl von Fällen fest, dass die Kerntheilung sich ohne Zelltheilung und die Zelltheilung ohne Kerntheilung abspielen kann. In allen vielkernigen Zellen theilen sich die Kerne und die Zellen ganz unabhängig von einander; eine selbständige Theilung der Zellkerne findet in allen Fällen statt, wo freie Zellbildung eingeleitet wird. Endlich sehen wir, dass auch da, wo normaler Weise eine Zelltheilung die Kerntheilung begleiten müsste, die Kerntheilung öfters stattfinden kann, ohne von der Zelltheilung gefolgt zu werden. Wie oft ist dieser Fall schon in thierischen Eiern geschildert worden, ohne dass man deshalb anzunehmen braucht, dass ein beginnendes Absterben des Eies die Zelltheilung jedesmal verhindert hätte. Bei den Decapoden ist der Vorgang zu einem normalen geworden und erst

---

1) l. c. Sep.-Abdr. p. 52.

auf eine fortgesetzte Theilung der Nachkommen des Keimkerns folgt eine Furchung des Eies in entsprechend viele Theile.

Dass bei einkernigen Zellen eine Theilung der Zelle nicht ohne Theilung der Kerne vor sich geht, ist leicht verständlich, da sicherlich keine der Tochterzellen ohne Zellkern existiren kann. Uebrigens liessen sich bei Spirogyra, wenn auch sehr selten, begonnene Zelltheilungen ohne Kerntheilung beobachten. Das Vordringen der Scheidewand in das Innere der Zelle pflegte hier aufgehalten zu werden, wenn der Plasmaring auf den ungetheilten Kern oder die Aufhängefäden desselben gestossen war. Wo die Zelle aber vielkernig ist, theilt sie sich, wenn überhaupt, ohne gleichzeitige Theilung der Zellkerne. Dies freilich bei Pflanzenzellen nur in so weit, als eine Zelltheilung ohne Betheiligung von zwischen Schwesterkernen erzeugten Verbindungsfäden möglich ist.

Vergleicht man die verschiedenen Arten von Spirogyra unter einander, so fällt es auf, dass bestimmte Stadien der Kern- und Zelltheilung durchaus nicht immer zusammenfallen. Bei Spirogyra majuscula beginnt die Scheidewandbildung zu einer Zeit, da sich das Zellplasma um den Kern kaum zu sammeln anfängt; bei Spirogyra nitida zeigt hingegen der Zellkern zu derselben Zeit schon eine Kernplatte. Zwischen den einzelnen Stadien der Kern- und Zelltheilung ist ein constantes Verhältniss somit nicht gegeben, nur werden beide jedenfalls durch einen bestimmten Zustand der Zelle angeregt.

Bei dem knospenbildenden Infusor: der Spirochona, beginnen die ersten Knospungsvorgänge zu einer Zeit', in welcher der Kern noch keine mit Bestimmtheit auf eine Theilung hindeutende Merkmale erkennen lässt, namentlich kann man an ihm noch nicht zwei opponirte Pole nachweisen [1]). Bei dem Infusor Podophrya quadripartita soll die Anlage des Schwärmsprösslings schon einen Wimperkranz und eigene contractile Vacuole besitzen, bevor noch ein Fortsatz des mütterlichen Kerns in die Anlage hineinwächst [2]). Der Kern kann somit in beiden Fällen nicht der Anstifter der Vorgänge der Knospung sein.

Bei höheren Pflanzen, die für gewöhnlich ihre Zellplatte in den Verbindungsfäden der Schwesterkerne bilden, haben wir diese Zellplatte auch in solchen Verbindungsfäden, die frei aus dem

1) R. Hertwig, Jenaische Zeitschrift Bd. XI, p. 182.
2) Bütschli, Jenaische Zeitschrift Bd. X, p. 306.

Zellplasma hervorgingen, entstehen sehen: so in den Pollen- und Sporenmutterzellen bei simultaner Viertheilung, den Sporenmutterzellen von Anthoceros, den Makrosporenmutterzellen von Isoëtes.

Bei der freien Zellbildung fällt die Beziehung zwischen Kern und Zellanlage besonders auf, doch auch nur wieder in Fällen, wo jede Zelle ein Kern erhält; wo hingegen jeder Zelle zahlreiche Zellkerne zukommen, da zeigen diese keine bestimmte Anordnung mehr in den entstehenden Zellen. Wo die Zellplatten in den Verbindungsfäden gebildet werden, da laufen freilich die Scheidewände in gleicher Entfernung zwischen je zwei Kernen; doch kann in Fällen, wo Zellplattenbildung nicht vorliegt, so in einigen früher angeführten Beispielen thierischer Eier, die Einschnürung sich näher dem einen Kerne halten und sogar schräg die Verbindungsfäden treffen.

Dass die Verbindungsfäden, die bei der Zelltheilung zwischen den Schwesterkernen auftreten, auch frei aus dem umgebenden Protoplasma hervorgehen können, zeigt uns die freie Zellbildung im ausgedehntesten Maasse. Die Fäden brauchen hier auch gar nicht die Zellkerne zu erreichen, sie können auf kurze senkrecht zu der Theilungsebene gerichtete Streifen beschränkt sein.

Aus Allem dem schliesse ich: dass Kerntheilung und Zelltheilung zwei von einander verschiedene Vorgänge sind, die für gewöhnlich in einander greifen, die aber auch von einander getrennt sich abspielen können. Stets greifen sie in einander dort, wo die Zellen einkernig sind und jede neue Zelle somit einen neuen Zellkern zu erhalten hat.

Bei der Zelltheilung einzelliger Pflanzenzellen hat sich eine weitere Beziehung zwischen Kern- und Zelltheilung dadurch ausgebildet, dass die aus den Spindelfasern hervorgegangenen Verbindungsfäden den Ausgangspunkt für die Bildung eines Complexes geben, in welchem die Zellplatte erzeugt wird. Diese Beziehung scheint mir übrigens vorwiegend darin begründet zu sein, dass die hinzukommenden Fäden an den Vorhandenen eine Stütze finden. Bei Anthoceros werden sie ganz in derselben Weise zwischen die Fäden eingeschaltet, welche die unabhängig von dem Zellkern getheilten Plasmamassen unter einander ausgesponnen haben.

Ich glaubte früher, das eigentlich Active bei den Zellbildungsvorgängen seien die Zellkerne, jetzt neige ich vielmehr dazu, die Kraftquelle in das umgebende Protoplasma zu verlegen.

Von verschiedenen Seiten [1]) ist bereits darauf hingewiesen worden, dass in zahlreichen vielkernigen Zellen die Zellkerne meist alle gleichzeitig in Theilung anzutreffen seien; nur das umgebende Protoplasma kann hier somit diesen Vorgang gleichzeitig angeregt haben. Besonders auffallend wird dies im Wandbeleg der Embryosäcke. Hier pflegt nämlich der Vorgang von dem einen Ende des Embryosacks gegen das andere fortzuschreiten und man trifft die Zellkerne zonenweise in demselben Theilungsstadium. Ein gewisser, von dem einen gegen das andere Ende des Embryosacks fortschreitender Zustand des protoplasmatischen Wandbelegs regt jedenfalls den Eintritt der Theilung an.

Dass die Theilung des Kerns vom umgebenden Zellplasma aus angeregt wird, tritt uns an andern Beispielen noch deutlicher entgegen.

Bei Spirogyra wird augenscheinlich erst Zellplasma an den Endflächen des Zellkerns angesammelt, bevor derselbe sich zu verändern beginnt. In den Eiern von Toxopneustes lividus sammelt sich, nach Fol [2]), um den Keimkern, bald nach der Befruchtung, eine homogene Plasmamasse. Sie umgiebt den Zellkern allseitig. Der Zellkern ist nun nicht mehr so deutlich wie zuvor, doch seine Contouren noch regelmässig und leicht zu sehen. Der Eidotter zeigt eine radiale Structur, die fast überall die Peripherie erreicht. Auf diese Phase folgt bald eine andere, während welcher der Zellkern im Leben nicht mehr deutliche Umrisse zeigt, aber fast intact wiedererscheint, wenn das Ei mit Säuren behandelt wird. Der Kern zeigt sich jetzt in etwas verlängerter Form, doch hat er nicht merklich an Grösse abgenommen. Das helle Zellplasma bildet einen elliptischen Discus um denselben. Von diesem Discus gehen Strahlen ab. Die Substanz des Discus zieht sich hierauf immer mehr nach den beiden Polen des Zellkerns hin.

Ich nehme somit an, dass die Thätigkeit des Kerns hier erst durch die Ansammlung von Protoplasma um denselben angeregt worden ist.

Die pflanzliche Zelltheilung mit Zellplatte in den Verbindungsfäden der Schwesterkerne, scheint auf den ersten Blick sehr entschieden für eine dominirende Rolle des Zellkerns bei der Zelltheilung zu sprechen, doch wir glauben ja erwiesen zu haben,

1) Von Treub (Archives Néerlandaises, T. XV. Sep.-Abdr. p. 17, 1880), Flemming (Archiv für mikr. Anat. Bd. XVIII, p. 190, 1880), von mir selbst (Bot. Zeitung 1879).

2) Recherches sur la féc. p. 166.

dass die zwischen den Kernplattenhälften verbleibenden Spindelfasern selbst auf Zellplasma zurückzuführen sind, auf Zellplasma, welches zwischen die Elemente des Zellkerns getreten und vielleicht überhaupt erst deren Theilung veranlasst hat.

Ausserdem sahen wir bei simultaner Viertheilung die Verbindungsfäden auch frei im umgebenden Protoplasma entstehen; endlich, und das ist entscheidend, in den Sporenmutterzellen von Anthoceros und den Makrosporenmutterzellen von Isoëtes, die Verbindungsfäden sich nicht einmal um die Zellkerne, vielmehr um die zuvor getheilten Plasmamassen gruppiren; die Zellkerne aber eine ganz seitliche Stellung zu den Verbindungsfäden einnehmen.

Bei der freien Zellbildung entstehen aber die Zellen um die Zellkerne zu einer Zeit, wo diese Kerne, ihrem äusseren Aussehen nach, sich im Ruhezustande befinden. Das active kann wohl nur das umgebende Plasma sein, das sich um die Zellkerne, die jeder Zelle zufallen sollen, selbstthätig sammelt.

Die centrale Lage der Kerne braucht nur der Ausdruck der gleichmässigen Vertheilung des Protoplasma um dieselben zu sein. Fallen mehrere Zellkerne einer Zelle zu, so zeigen sie auch keine centrale Lage. Solche Zellkerne können, bevor sie verschmelzen, wie Corydalis cava zeigt, sich in unbestimmter Richtung innerhalb ihrer Mutterzelle theilen.

In den sich simultan viertheilenden Zellen bilden ja auch, ganz wie bei der freien Zellbildung, die Zellkerne scheinbar die Centren, um die sich die Verbindungsfäden gruppiren, und doch zeigt Anthoceros und Isoëtes, dass diese Centren auch von einem andern Körper eingenommen werden können, während der Zellkern zur Seite geschoben erscheint.

Die Schwärmer gewisser Collozoen erhalten, nach R. Hertwig[1]), bei ihrer Bildung, ebensogut einen Zellkern wie auch einen wetzsteinförmigen Krystall. Es ist nun nicht anzunehmen, dass jeder Zellkern eine Anziehung auf nur einen Krystall ausübe, vielmehr wahrscheinlich, dass das umgebende Protoplasma eben so die Vertheilung der Zellkerne wie der Krystalle bedingt, um die es zu Schwärmern zusammenballt.

So fällt ja auch den pflanzlichen Schwärmsporen, ausser dem Zellkern, oft eine fast bestimmte Anzahl von Clorophyllkörpern zu.

Dass es ein Zustand der umgebenden Protoplasmas ist, der

---

1) Zur Histologie der Radiolarien, p. 28, 1876.

die freie Zellbildung bedingt und nicht die von Zellkernen auf das umgebende Plasma ausgeübte Wirkung, das geht wohl auch aus dem Umstande hervor, dass dieselben Zellkerne, um die sich die Zellen bilden, zuvor sich frei vermehren konnten. So beispielsweise auch bei der Schwärmsporenbildung der Pilze und Algen, wo die Zelle, in der die Kernvermehrung vor sich geht, nicht gleichzeitig an Grösse zunimmt, während in der That für die Embryosäcke eingewendet werden könnte, dass nur das rasche Wachsthum derselben die Kerne an der Aeusserung ihrer Thätigkeit hindere.

Dasselbe wie für die Vorgänge im Embryosack und für die Schwärmerbildung, gilt, meiner Meinung nach, für die besonders auffälligen Beispiele freier Zellbildung im Pflanzenreich, nämlich die Bildung der Keimzellen in den Eiern der Coniferen und der Sporen in den Ascis der Pilze und Flechten. Auch hier vermehren sich die Zellkerne zunächst frei, worauf sich erst das Zellplasma um dieselben sammelt. Die Zelle hat während der einleitenden Vorgänge an Grösse nicht zugenommen. Die Strahlen, welche die Kerne der Ephedra während der Zellbildung umgeben, brauchen nicht der Ausdruck für Kräfte zu sein, die vom Zellkern auf die Umgebung ausgeübt werden, vielmehr entsprechen sie den Verbindungsfäden und hängen mit der Membranbildung an der Oberfläche der einzelnen Zellen zusammen. Die Verdichtung des Plasmas um jeden Kern entspricht andererseits der Ansammlung von körnigem Plasma um jeden Kern, wie wir sie im Wandbeleg der Embryosäcke während der Zellbildung vorfinden. In diese Plasmaansammlung tauchen auch dort die Verbindungsfäden ein. Das thätige kann also auch bei diesen Vorgängen das Zellplasma sein; ebenso wie es dieses Zellplasma ist, das den Zellkern in den Eiern von Picea und Juniperus, nach der Befruchtung, in den organischen Scheitel des Eies führt. Auf diesen Punkt komme ich noch zurück.

Wie aber die verschiedenen Vorgänge der Kerntheilung und Zellbildung in einander greifen, das zeigen uns besonders schön wieder die Vorgänge im Wandbeleg von Embryosäcken. Dort werden nämlich meist Plasmamassen in die primären Verbindungsfäden der Schwesterkerne eingelagert und somit Verbindungsfäden-Complexe und Zellplatten, ja selbst Scheidewandstücke auf Zuständen erzeugt, in denen es gar nicht zur Zellbildung kommen soll. — Ich habe allen Grund, die freie Endospermbildung aus der Endospermbildung durch fortgesetzte Zweitheilung mir ent-

standen zu denken und so die mit der Zelltheilung übereinstimmenden Vorgänge bei der freien Kerntheilung von letzterer abzuleiten.

Dass die Zellkerne in dauernd oder vorübergehend vielkernigen Zellen annähernd gleichmässig im Zellplasma vertheilt werden, kann der Thätigkeit des Zellplasmas zugeschrieben werden; wohl aber ist es auch möglich, dass hierin in der That eine gegenseitige Einwirkung der Zellkerne auf einander vorliegt und dass sich die Zellkerne wirklich unter einander anziehen resp. abstossen können, wie das noch später berührt werden soll. Uebrigens giebt es auch Fälle, wo die regelmässige Vertheilung der Kerne nicht eingehalten wird; so nach Berthold [1]) bei Codium, Bryopsis, Derbesia. Die Zellkerne dieser Pflanzen zeigen keine feste Stellung zu einander, vielmehr werden sie gewöhnlich von dem Zellplasma langsam, passiv umhergeführt und finden sich oft zu zwei oder drei zufällig beisammen. Auch in den von Treub [2]) untersuchten vielkernigen Bastfasern waren die Zellkerne oft unregelmässig vertheilt, manchmal einige dicht zusammengedrängt.

Die Anlage der Scheidewände in gleichen Abständen von den Zellkernen, wie sie für die freie Zellbildung und die Zelltheilung allgemein gilt, wird wohl aber ausschliesslich auf Kräfte zurückzuführen sein, die sich im Zellplasma geltend machen. Dies folgt ja auch aus dem Umstande, dass gelegentlich, wie bei Anthoceros und Isoëtes, eine Beziehung zu den Zellkernen unter sonst gleichen Bedingungen nicht gegeben ist, vielmehr nur dieselbe Beziehung wie sonst zu den Verbindungsfäden.

Im Zellplasma selbst thätige Kräfte können es weiter auch nur sein, welche unter Umständen eine Theilung der Zelle in zwei ungleiche Theile, oder auch einen von dem gewöhnlichen abweichenden Verlauf der Scheidewände bedingen. Augenscheinlich ist es das Zellplasma nur, welches in solchen Zellen, die in zwei ungleiche Theile zerfallen sollen, den Zellkern an die Theilungsstelle führt. Der Zellkern folgt nur passiv dem Zuge, etwa wie in Zellen die gewöhnliche Plasmaströmung zeigen. Die Ursache letzterer im Zellkern zu suchen, ist jedenfalls kaum Jemandem eingefallen.

Bei ungleicher Vertheilung des Zellplasma um zwei Schwesterkerne folgt die Scheidewand der grösseren Plasmaansammlung. Hier

1) Mitth. der zool. Stat. in Neapel Bd. II, p. 76, 1880.
2) Archives Néerlandaises T. XV, 1880.

könnte man freilich auch einwenden, der eine der Schwesterkerne habe das Zellplasma stärker als der andere angezogen; einfacher bleibt es aber, den Sitz der Kraft in das Zellplasma zu verlegen, da auf Letzteres so viele andere Beobachtungen als auf die eigentliche Kraftquelle für diese Vorgänge hinweisen.

Es wäre sicher unbegründet, gegen das active Verhalten des Zellplasmas bei der Zelltheilung anzuführen, dass in thierischen Eiern mit peripherisch gelegenem Keimkern, die Furchung an der dem Kerne nächsten Stelle beginnt, und dass dies direct der Action des Zellkerns auf das umgebende Plasma zuzuschreiben sei. Denn erstens ist es das Eiplasma selbst, das den noch ruhenden Kern an die Peripherie geführt, oder dort festgehalten hat, noch bevor er sich zu theilen begann, und zweitens zeigt gerade in diesen Fällen augenscheinlich das Eiplasma an der Stelle, wo der Kern liegt, einen vom übrigen Eidotter abweichenden Bau[1]), kann somit auch die Theilung einleiten. Auch ist, wie schon erwähnt wurde, gerade in gewissen thierischen Eiern beobachtet worden, dass die Trennungslinie schräg die ideale Verbindungslinie der Schwesterkerne treffen kann und sich nicht immer in gleicher Entfernung von denselben zu halten braucht.

Wie bereits hervorgehoben wurde, sind Strahlen im Eiplasma der Thiere schon vorhanden, bevor der Kern in Action tritt und während derselbe noch gleichmässig von dem hellen Plasma umgeben erscheint. Dieses regt die der Theilung vorausgehenden Vorgänge im Zellkern an, weiter ist aber anzunehmen, dass diese durch des Zellkerns eigene Kräfte sich abspielen. Ist es aber der Zellkern auch, der die bald folgende Ansammlung des hellen Zellplasmas an den zwei entgegengesetzten Stellen seiner Oberfläche veranlasst? Ich glaube es kaum, möchte vielmehr annehmen, dass wir es hier wieder mit einer Action des Zellplasmas zu thun haben, dass sich ein Gegensatz in demselben ausgebildet hat und dass es sich an zwei entgegengesetzten und zwar in ihrer Lage bestimmten Stellen der Kernoberfläche sammelt, um die Theilung des Kerns zu veranlassen. — Dass es sich hier um eine Thätigkeit des Zellplasmas handeln kann, dafür möchte ich Einiges anführen. Ich stütze mich aber vorerst auf Beispiele, die thierischen Eiern entnommen sind, weil eben letztere durch Bildung der Plasmasonnen so leichten Einblick in die Richtungen zulassen, in welchen die thätigen Kräfte wirken.

---

1) Es ist hier heller, durchsichtiger, die Dotterkörnchen fehlen.

In den Eiern von Pterotrachaea bilden sich, nach Fol[1]) die beiden Sonnen der ersten Kernspindel zu einer Zeit, wo die Verschmelzung des Spermakerns mit dem Eikern noch nicht vollendet ist. Die beiden Sonnen schliessen an zwei gegenüber liegenden Stellen der Verschmelzungsfläche an.

Ebenso giebt Mark[2]) an, dass die beiden Sonnen für den ersten Theilungsschritt in den Eiern von Limax campestris auftreten, bevor die Verschmelzung des Spermakerns mit dem Eikern vollendet ist. Diese Sonnen sollen aber bei Limax nicht immer an der Contactfläche beider Nuclei liegen, sondern können, die eine oder die beiden, nahe der Oberfläche des einen Kerns ihren Ursprung nehmen. Hier ist also, meine ich, kaum an eine directe Action dieser Kerne bei Bildung der Sonnen zu denken.

Weiter sehen wir, dass die Strahlen, welche die beiden Sonnen in sich theilenden thierischen Eiern umgeben, nicht eigentlich gegen die Pole der Kerne, sondern gegen die Sonnenkörper gerichtet sind. Diese Sonnenkörper sind aus helleren Protoplasma gebildet und die Strahlen laufen auf dieselben zu, ebenso wie zuvor auf das um den ganzen Zellkern angesammelte helle Plasma. Fol hebt ausdrücklich hervor, dass die fertige Kernspindel sich nicht bis in das Centrum des Sonnenkörpers verfolgen lasse[3]).

Endlich wenn die Strahlen auch wirklich auf den Kernspindelpol hinweisen möchten, so nehmen wir ja jetzt an, dass derselbe nicht aus Kernsubstanz, sondern aus Zellplasma, nämlich von den, aus demselben hervorgegangenen Spindelfasern gebildet wird.

Fol ist der Meinung, dass die Thätigkeit auf das umgebende Zellplasma sich an den Kernpolen erst nach Vermischung der Kernsubstanz mit dem Zellplasma äussere[4]). Von einer solchen Vermischung kann nun, meiner Meinung nach, keine Rede sein, da überhaupt active Kernsubstanz nicht nach aussen tritt, vielmehr vollständig zur Bildung der Kernplatte verbraucht wird.

Mit Fol sehe ich in den Strahlen der Sonnen centripetale Ströme und meine dass dieselben bestimmt sind den Sonnenkörpern Substanz zuzuführen die zur Ernährung der neuen Kerne dienen soll. Centripetale Ströme sind aber für mich auch schon die Strahlen, welche das den ganzen Kern noch umfassende Plasma

---

1) Recherches sur la féc. p. 188, 1879.
2) Zool. Anzeiger 1879, p. 493.
3) l. c. p. 171.
4) l. c. p. 253.

klärung gelten soll, auch weiter annehmen, dass die angesammelte Substanz etwas verschieden von der zuströmenden geworden ist, und somit ein weiteres Zuströmen des letzteren veranlassen kann.

Ob der Eikern auf den Spermakern bei der Befruchtung eine Anziehung ausübt und ob diese es veranlasst, dass ein Zellplasma der Eier des Spermakern auf den Eikern hinwandert, will ich dahin gestellt lassen. Jedenfalls drücken die um den Spermakern im thierischen Eikern sich allseitig bildenden Strahlen keinesfalls die Richtung einer solchen Anziehung aus.

Dass aber eine solche Wirkung in die Ferne, welcher Art sie auch sei, möglich ist, geht aus den Angaben von Falkenberg[1]) über die Befruchtungsvorgänge bei Cutleria hervor. Wurde nämlich dem Wasser, welches Spermatozoiden enthielt, ein befruchtungsfähiges Ei hinzugefügt, so hatten sich in wenigen Augenblicken sämmtliche Spermatozoiden von allen Seiten her um dies eine Ei versammelt, selbst wenn dasselbe mehrere Centimeter von der Hauptmasse der Spermatozoiden entfernt lag. Durch die Wirkung, welche das Ei auf die Spermatozoiden ausübte, wurde selbst ihr Streben sich dem Licht entgegen zu bewegen, überwunden. Die „anziehende" Wirkung äusserte sich nur zwischen dem Ei und den Spermatozoiden derselben Species, von Cutleria, nicht aber zwischen den Geschlechtsproducten selbst nahe verwandter Arten. — Bei Acetabularia stellte ich früher schon fest[2]), dass die Gameten sich nur anziehen, wenn sie aus verschiedenen Sporangien stammen, auch dort überwindet diese Anziehung den wirksamen Einfluss des Lichtes.

Ich fasse einige meiner Ansichten dahin zusammen:

Die Zelltheilung und die Kerntheilung sind zwei verschiedene Vorgänge, die gewöhnlich ineinandergreifen, aber sich auch getrennt abspielen können.

Die active Rolle bei der Zelltheilung spielt das Zellplasma.

Dasselbe regt auch in den Zellkernen die Vorgänge an, die ihrer Theilung vorausgehen.

Es sammelt sich an den beiden Polen des Zellkerns an und dringt von hier aus in die Kernfigur ein, um die Spindelfasern derselben zu bilden.

Es inducirt einen Gegensatz in der Kernmasse, welcher zu deren Theilung führt.

---

1) Mittheil. aus der zool. Stat. zu Neapel Bd. I, p. 425.

2) Bot. Zeitung 1877, Sp. 749.

Diese Theilung wird von der Kernsubstanz activ ausgeführt; die beiden Kernplattenhälften scheinen sich abzustossen, sie gleiten auseinander, entlang den an Ort und Stelle verbleibenden Spindelfasern.

In allen Kernspindeln nehme ich die Existenz der Spindelfasern an, auch wo sie zwischen den Elementen der Kernplatte nicht sichtbar zu machen sind.

Die Theilung der Kernplatte erfolgt durch Spaltung.

Die Spindelfasern bilden die primären Verbindungsfäden, zwischen welchen, bei Pflanzen, meist weitere Verbindungsfäden aus der Substanz des Zellplasma eingelagert werden.

Aus den Elementen der Kernplattenhälften gehen die Tochterkerne hervor.

Sie haben hierbei verschiedene Veränderungen zu durchlaufen, die in den meisten Fällen aber nicht eine rückläufige Wiederholung der Vorgänge im Mutterkern in sich schliessen.

Sie wachsen zur definitiven Grösse an, indem sie sich aus dem umgebenden Zellplasma ernähren.

Die Zelltheilung spielt sich durch Vermittlung von Zellplatten oder durch Einschnürung ab.

Die Zellplatten können bei höheren Pflanzen nur in den Verbindungsfäden, an anderen Orten auch unmittelbar in dem Zellplasma entstehen.

In einkernigen Zellen geht der Zelltheilung die Kerntheilung unmittelbar voraus, so dass jede Zelle einen Zellkern erhält.

In vielkernigen Zellen spielen sich beide Vorgänge zu verschiedenen Zeiten ab und zeigen ihre volle Unabhängigkeit von einander.

Welche mechanischen Vorgänge bei der Kerntheilung und Zelltheilung im Spiele sind, darüber weitere Hypothesen aufzustellen halte ich zunächst noch für ganz überflüssig.

Indem meine Untersuchungen den Sitz der Kräfte, die bei der Zelltheilung sich äussern, vornehmlich in das Zellplasma verlegen, lassen sie gleichzeitig wieder die Rolle fraglich erscheinen, welche die Zellkerne in der Zelle zu spielen haben. Dass sie für das Zellleben nothwendig sind, zeigt ihr allgemeines Vorkommen. Stehen sie nicht vielleicht in Beziehung zur Bildung der Eiweissstoffe? Ich werde auf diesen Gedanken durch den Umstand gebracht, dass die Zellkerne weit stärker als das um-

gebende Protoplasma auf Eiweiss reagiren. Eine solche Beziehung würde aber ihr Vorhandensein in jeglichem Protoplasmakörper hinlänglich erklären. — Aehnlich wie die Zellkerne einkerniger Zellen, verdoppeln sich ja auch die Chlorophyllkörper vor oder während der Theilung solcher chlorophyllhaltiger Zellen, die nur einen oder die selbst zwei Chlorophyllkörper führen, während in Zellen mit zahlreichen Chlorophyllkörpern die Vermehrung derselben eben so wenig Beziehung zu der Zelltheilung verräth, wie die Theilung der Zellkerne in vielkernigen Zellen.

Unsere Auffassung des Verhältnisses von Kern- und Zelltheilung erklärt es aber weiter, warum wir uns denjenigen Forschern angeschlossen haben, welche die mit mehreren Zellkernen versehenen Plasmakörper als e i n z e l l i g bezeichnen [1]). Zelltheilung und Kerntheilung sind eben von einander zu trennen. Hat sich der Zellleib während der Kernvermehrung nicht getheilt, so ist er einfach, das Gebilde somit einzellig geblieben. Ich habe auch nichts dagegen, dass letztere Bezeichnung auf jegliche plasmatische Gebilde mit einfachem Zellleib ausgedehnt werde, wobei ich nur bemerke, dass an den unteren Grenzen des organischen Reiches der Begriff der Zelle sich überhaupt verliert.

Ob es kernlose Zellen giebt oder nicht, darüber enthalte ich mich der Entscheidung. Es ist mir nicht gelungen überall Zellkerne nachzuweisen, so nicht bei Oscillatorien und Saccharomyceten (im letzteren Falle trotz entgegengesetzter Angaben von Schmitz [2]), es ist aber nicht undenkbar, dass bei genannten Organismen der Nachweis der Zellkerne auf unüberwindliche Schwierigkeiten stösst. Das muss jedenfalls anerkannt werden, dass durch zahlreiche Arbeiten auf thierischem Gebiete und durch die Arbeiten von Schmitz [3]) für die Pflanzen, die Grenzen für das Vorkommen der Zellkerne weit abwärts gerückt worden sind.

Nicht unwichtig ist es, dass es gerade bei denjenigen Organismen, die den neueren Untersuchungen zufolge zahlreiche Kerne führen, gelingt, den Zellkörper in mehrere lebensfähige Stücke zu zerlegen. Bei Vaucheria geminata tritt bei Bildung der Ruhezu-

1) So unter den Botanikern Schmitz. Beobachtungen über die vielkernigen Zellen der Siphonocladiaceen 1879, p. 46.

niederrh. Ges. etc. Sitzung v. 4. Aug. 1879. Sep.-Abdr. p. 18. 22.

stände dieser Fall von selbst ein [1]). Andrerseits können bekanntlich in Stücke geschnittene Vaucheria-Schläuche unter Umständen eben so viel neue Pflanzen liefern. Die Schwärmsporen der Vaucheria schnüren sich bei der Entleerung oft durch Zufall ein, jedes Stück schwärmt als vollständige, nur entsprechend kleinere Spore für sich weiter und bildet eine neue Pflanze. Bei einkernigen Schwärmsporen, einkernigen Zellen überhaupt, ist Aehnliches nie beobachtet worden. Auch die Plasmodien der Myxomyceten kann man beliebig zerlegen. Versuche an einkernigen Organismen werden noch weiter anzustellen sein, doch erscheint es bereits als unwahrscheinlich, dass der, des Kerns entbehrende Theil der Zelle, weiter leben und einen Zellkern neubilden könnte.

Auf das eben besprochene Verhalten vielkerniger Zellen hat Schmitz [2]) schon hingewiesen. Das Plasma der Siphonocladiaceen-Zelle ist, schreibt er, fast bei allen Arten sehr lebenszäh. Bei Verletzungen kommt es vor, dass nur der unmittelbar betroffene Theil des Plasma abstirbt. Das übrige Plasma ballt sich dagegen zu einer oder zu mehreren grösseren oder kleineren Kugeln zusammen, die sehr schnell unter Ausscheidung einer Membran zu besonderen Zellen sich gestalten. Die kleinsten Kugeln enthalten nur einen einzigen Zellkern; nie hat aber Schmitz einen Fall beobachtet, in welchem eine solche Kugel ganz ohne Zellkern gewesen wäre; solche Plasmastücke, welche einen Zellkern nicht erhalten haben, gehen vielmehr stets zu Grunde. Eine Neubildung von Zellkernen konnte Schmitz nie beobachten.

Ein oder mehrere Zellkerne sind somit für das Leben des Siphoneen-Plasma nothwendig, sie haben eine bestimmte Function in demselben zu vollziehen, sicher aber nicht diejenige der Zelltheilung, da sich die Zelltheilung hier stets unabhängig abspielt und in einigen Fällen überhaupt nicht vorkommt. Ihre Theilung selbst steht vielmehr unter dem Einfluss des Zellplasma, das wohl auch hier in den Kern eindringt, um, wie Berthold wenigstens für Codium zeigte, als Verbindungsfaden wieder ausgesondert zu werden.

Ob ein Zellkern, wie Schmitz will [3]), nie in der lebenden Zelle aufgelöst werden kann, ist eine andere Frage. Sicher ist es, dass der Zellkern in den Mutterzellen der Spermatozoiden der Farne bei Anlage des Spermatozoids in zahlreiche kleine Körnchen zerfällt und als solcher im Spermatozoiden nicht nachweisbar ist.

1) Stahl, Bot. Zeitung 1879.

2) Festschrift der Naturf. Ges. zu Halle. Sep.-Abdr. p. 33.

3) Ebend. p. 25

Eben so wollte es bis jetzt weder mir noch Elfving gelingen, die Zellkerne in manchen Pollenschläuchen kurz vor der Befruchtung zu finden, ungeachtet wir dieselben Mittel anwandten, die zuvor die Zellkerne leicht sichtbar machten. Selbst in manchen noch unversehrten Pollenkörnern war eine auffallende Rückbildung der Kerne zu constatiren. Dabei will ich durchaus nicht gesagt haben, dass die Substanz der Zellkerne schwindet, sie behält nur nicht die zuvor umschriebene, zu einer morphologischen Einheit abgegrenzte Form. Selbst bei der Kerntheilung können sich ja die Elemente der Kernsubstanz mehr oder weniger in dem ungebundenen Zellplasma zerstreuen.

Zum Schlusse liesse sich noch fragen, ob die Uebereinstimmung der Kern- und Zelltheilungsvorgänge im Thier- und Pflanzenreiche auf eine Homologie dieser Vorgänge hinweist. Ich glaube nicht, dass dies der Fall sei, vielmehr, dass es sich hier um in der Natur des Protoplasma selbst begründete Gestaltungsvorgänge handelt, die unzählige Mal, unabhängig von einander, entstanden sind und sich aus den Eigenschaften des Protoplasma, gleichsam wie ein Kristallisationsvorgang, unmittelbar ergaben.

---

# Erklärung der Abbildungen.

## Tafel I.

Sämmtliche Bilder dieser und der folgenden Tafeln, soweit nicht anderes bemerkt, sind nach tingirten Alkohol-Präparaten entworfen.

### Fig. 1—9. Myosurus minimus.

Fig. 1. Nucellus und Embryosack im Längsschnitt. Im Embryosack die drei Zellen des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen zu sehen. Die beiden Synergiden decken grösstentheils das Ei, deren Zellkern aber deutlich zu sehen ist. Der secundäre Embryosackkern auf Plasmafäden suspendirt. Zustand kurz vor der Befruchtung. Vergr. 540.

Fig. 2. Embryosack im Längsschnitt nach erfolgter Befruchtung. Der secundäre Embryosackkern hat sich getheilt, die beiden jungen Schwesterkerne hängen noch durch Fäden zusammen. Vergr. 540.

Fig. 3. Noch älterer Embryosack im Längsschnitt. Die Kerne im protoplasmatischen Wandbeleg in Theilung. Vergr. 230.

Fig. 4 und 5. Theile des Wandbelegs, von der Fläche (Fig. 4) und im optischen Durchschnitt (Fig. 5) betrachtet. Vergr. 540.

Fig. 6. Der Augenblick beginnender Scheidewandbildung zwischen den Kernen. Vergr. 540.

Fig. 7. In einem Theile der Präparate die stark quellbaren Cellulose-Wände bereits erzeugt.

Fig. 8. Optischer Durchschnitt des Wandbelegs im Moment der Scheidewandbildung. Vergr. 540.

Fig. 9. Die Zellen gegen einander abgegrenzt und im Dickenwachsthum bereits begriffen. Vergr. 540.

### Fig. 10—15. Agrimonia Eupatoria.

Vergr. 540.

Fig 10. Theil des freigelegten Embryosack-Wandbelegs: die Zellkerne in Ruhe, im Uebergangsstadium zur Spindelbildung und in Spindelform zeigend.

Fig. 11. Auseinanderweichen der beiden Kernplattenhälften.

Fig. 12—14. Aufeinanderfolgende Zustände; Differenzirung der Tochterkerne.

Fig. 15. Der Augenblick der Scheidewandbildung.

### Fig. 16—30. Reseda odorata.

Fig. 16. Die Kernspindel aus dem protoplasmatischen Wandbelege des Embryosacks. Vergr. 540.

Fig. 119. Nucellus mit Embryosack-Anlage. Ueber letzterer noch ihre beiden Schwesterzellen. Im Embryosack der primäre Embryosackkern.

Fig. 120. Theilung des primären Embryosackkerns.

Fig. 121. Zwei Zellkerne im Embryosack.

Fig. 122. Diese in Theilung.

## Tafel V.

Fig. 123. Die beiden Zellkerne in Theilung.

Fig. 124. Je zwei Zellkerne in den beiden Enden des Embryosackes.

Fig. 125 und 126. Theilung dieser Kernpaare.

Fig. 127 und 128. Anlage des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen.

Fig. 129—131. Fertige Zustände nach Anlage des Eiapparats und der Gegenfüsslerinnen. In Fig. 129 und 130 die beiden Zellkerne des Embryosacklumens noch nicht verschmolzen. In Fig. 121 zu einem einzigen secundären Embryosackkern, mit noch zwei Kernkörperchen verschmolzen.

Fig. 132. Längsschnitt durch eine ganze, fast reife Samenknospe.

Fig. 133. Die Kernkörperchen im secundären Embryosackkern ebenfalls zu einem einzigen verschmolzen.

Fig. 134. Vorderer Theil des Embryosacks nach vollzogener Befruchtung. Der secundäre Embryosackkern in Theilung.

Fig. 135. Das Embryosacklumen in zwei Zellen zerlegt.

Fig. 136. Die Kerne innerhalb dieser beiden Zellen in Theilung.

### Fig. 137—145. Senecio vulgaris.

Die Figur 145 ist 230 Mal, die andern Figuren 540 Mal vergrössert. Alk.-Präp.

Fig. 137 und 138. Junge Embryosack-Anlage, die über ihr befindlichen Schwesterzellen verdrängend.

Fig. 139. Der primäre Embryosackkern hat sich getheilt.

Fig. 140. Die secundären Kerne haben die Theilung wiederholt.

Fig. 141. Die secundären Kerne rücken aus einander.

Fig. 142. Nach Anlage des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen. Die Zellkerne im Lumen des Embryosacks an einander gerückt.

Fig. 143 und 144. Weiter vorgeschrittene Zustände; in Fig. 143 zwei Zellkerne in der hintersten Gegenfüsslerin.

Fig. 145. Der Embryosack zur Empfängnisszeit; die beiden Zellkerne im Innern des Embryosacks zu dem secundären Embryosackkern verschmolzen.

### Fig. 146—152. Ephedra altissima.

Die Figuren 150 und 152 sind 230 Mal, die übrigen Figuren 95 Mal vergrössert.

Fig. 146. Ei von Ephedra mit Eikern und Kanalzelle.

Fig. 147. Nach erfolgter Befruchtung mit zwei aus dem Keimkern hervorgegangenen Schwesterkernen.

## Tafel VI.

Fig. 148. Je zwei Kerne in den beiden Enden des Eies.

Fig. 149. Acht Zellkerne im Ei, paarweise genähert.

Fig. 150. Bildung freier Keimzellen um die Kerne.

Fig. 151. Die Keimzellen gebildet.

152. Eine einzige dieser Keimzellen, stärker vergrössert.

**Fig. 153—161. Picea vulgaris.**

Die Figuren 153—155 und 157 sind 90 Mal, die übrigen Figuren 240 Mal vergrössert. Alk.-Präp.

Fig. 153. Ein reifes Ei mit Eikern und Kanalzelle.

Fig. 154. Nach erfolgter Befruchtung, der Keimkern in den organischen (nach unten gekehrten) Scheitel des Eies eingewandert.

Fig. 155. Erste Theilung des Keimkerns.

Fig. 156 und 157. Vier in einer Ebene gelegenen Kerne im organischen Scheitel des Eies.

Fig. 158. Die Kerne im organischen Scheitel des Eies in Spindelform.

Fig. 159. Dieselben Kerne im vorgerückten Theilungszustand.

Fig. 160. Ausbildung der Scheidewände zwischen den Schwesterkernen.

Fig. 161. Die drei Zelletagen und die freien Zellkerne im organischen Scheitel des Eies.

**Fig. 162—165. Juniperus virginiana.**

Vergr. 240. Alk.-Präp.

Fig. 162. Zwei freie Zellen im Scheitel des Pollenschlauches.

Fig. 163. Die vorderste dieser Zellen in Theilung.

Fig. 164. Vier in Protoplasma eingebettete Zellkerne im Scheitel des Pollenschlauchs, darunter (in der Zeichnung darüber) die ungetheilt gebliebene Primordialzelle.

**Fig. 166—171. Peziza confluens.**

Nach de Bary copirt.

Vergr. 390.

Fig. 166—171. Entwicklung der erwachsenen Asci und der Sporen in ihnen.

## Tafel VII.

**Fig. 1. Corydalis cava.**

Vergr. 540.

Fig. 1. Einige Zellen aus der noch wenigschichtigen Endosperm-Anlage, zumeist in Theilung.

**Fig. 2—24. Nothoscordum fragrans.**

Vergr. 540.

Fig. 2. Zellkern in Ruhe. Aus jungem Endosperm.

Fig. 3 und 4. Beginnende Veränderungen im Inhalt.

Fig. 5 und 6. Weitere Veränderung desselben.

Fig. 7. Streckung des Zellkerns. Schräger Verlauf der Fasern.

Fig. 8 und 9. Die Kernwandung ganz eingezogen, kurz vor der Bildung der Spindel.

Fig. 10. Die Kernspindel.

Fig. 11 und 12. Auseinanderrücken der Spindelhälften, Bildung der Verbindungsfäden.

Fig. 13, 14 und 15. Beginnende Bildung der Tochterkerne aus den Elementen der beiden Mutterkernhälften.

Fig. 16—19. Weitere Ausbildung der Tochterkerne. Differenzirung der Kernwandung. Bildung der Zellplatte.

Fig. 20. Verschmelzen der Elemente in der Zellplatte.

## Tafel VIII.

Fig. 21. Die Zellplatte überspannt den ganzen Querschnitt; die junge, quellbare Cellulosewand gebildet. Annäherung der Schwesterkerne an dieselbe.

Fig. 22—24 zeigt die definitive Ausbildung der Schwesterkerne; Anlage der Kernkörperchen; Rückbildung der Verbindungsfäden.

### Fig. 25—35. Phaseolus multiflorus.

Vergr. 540.

Fig. 25. Zelle aus einer jungen Keimanlage. Im protoplasmatischen Wandbeleg ist eine Kernspindel zu sehen.

Fig. 26. Theilung der Kernspindel.

Fig. 27. Zwei Zellen. In der Oberen beginnende Bildung der Schwesterkerne aus den Elementen der Kernspindelhälften. In der unteren Zelle die Schwesterkerne fertig gebildet, die Verbindungsfäden stark vermehrt; eine Zellplatte in denselben ausgebildet.

Fig. 28. Die Schwesterkerne in Entwicklung begriffen. In den Verbindungsfäden fehlt noch die Zellplatte.

Fig. 29—31. Weitere Stadien der Kerndifferenzirung und des Wachsthums des Verbindungsfaden-Complexes und der Zellplatte.

Fig. 32. Relativ weitlumige Zelle. Der Complex der Verbindungsfäden hat eine weite Ausdehnung erreicht. Die Schwestern sind einander genähert worden.

Fig. 33. Die Verbindungsfäden und die Zellplatte durchsetzen die ganze Zelle.

Fig. 34 und 35. Die Verbindungsfäden werden rückgebildet; die Schwesterkerne legen sich der neuen Scheidewand an.

### Fig. 36—57c. Tradescantia virginica.

Nach dem Leben, nur Fig. 57 c nach einem Essigsäure-Präparat. Vergr. 540.

Fig. 36. Zwei Zellen vom Scheitel eines Staubfäden-Haares, der Zellkern in der unteren Zelle in Ruhe, der obere in Streckung begriffen.

Fig. 37. Ebenfalls zwei Zellen vom Scheitel; der Zellkern der unteren Zelle in Ruhe, der Zellkern der oberen Zellen grobkörnig werdend.

Fig. 38—48. Eine Scheitelzelle in den aufeinanderfolgenden Theilungsstadien. Fig. 38 um 11 Uhr 15 Minuten, Fig. 39 um 12,15. Fig. 40 um 12,40. Fig. 41 um 1,10. Fig. 42 um 1,25. Fig. 43 um 1,30. Fig. 44 um 1,35. Fig. 45 um 1,45. Fig. 46 um 1,50. Fig. 47 um 2,10. Fig. 48 um 2,50.

Fig. 49—55. Eine zweitoberste Zelle in den aufeinanderfolgenden Theilungsstadien, vom Beginn der Trennung der Kernspindelhälften an. Fig. 49 um 11,30. Fig. 50 um 11,40. Fig. 51 um 11,45. Fig 52 um 11,50. Fig. 53 um 12,20. Fig. 54 um 12,35. Fig. 55 um 1.

Fig. 56. Eine Kernspindel in einer absterbenden Zelle.

Fig. 57 a. Stadium des Auseinanderweichens der Spindelhälften; besonders durchsichtiger Fall.

Fig. 57 b. Stadium des Auseinanderweichens der Kernhälften, anderer Fall.

Fig. 57 c. Aehnliches Stadium mit Essigsäure behandelt.

### Fig. 58 a, b und c. Epipactis palustris.

Von Treub nach dem Leben entworfen. Vergr. 730.

Fig. 58 a, b, c. (Treub, quelques recherches sur le rôle du noyau dans la

division des cellules végétales Taf. III, Fig. 12a, 12e und 12h) drei derselben Integumentzelle der Samenknospen entnommene Zustände der Theilung, zeigend: die fortschreitende Bewegung der Schwesterkerne und des Verbindungsfaden-Complexes quer durch die Zelle.

**Fig. 59. Monotropa Hypopitys.**

Vergr. 540.

Fig. 59. Zwei Zellen aus dem Integument, die untere mit ruhendem Zellkern, die obere mit Kernspindel.

**Fig. 60—69. Iris pumila.**

Vergr. 880.

Fig. 60. Spaltöffnungsmutterzelle mit noch ruhendem Zellkern.

Fig. 61 und 62. Der Spindelbildung vorausgehende Zustände.

Fig. 63. Die Kernspindel.

Fig. 64 und 65. Auseinanderweichen der Spindelhälften; Verschmelzen der Elemente beider Hälften.

Fig. 66—68. Weitere Differenzirung der Schwesterkerne, Bildung der Zellplatte.

Fig. 69 Bildung der Cellulosewand. Rückbildung der Verbindungsfäden.

**Fig. 70. Iris pumila.**

Vergr. 540.

Fig. 70. Junge Epidermiszelle, die sich vor Kurzem zur Bildung der Spaltöffnungsmutterzelle und einer neuen Epidermiszelle getheilt hat.

## Tafel IX.

**Fig. 71—74. Blechnum brasiliense.**

Vergr. 540.

Fig. 71. Anlage einer Spaltöffnungsinitiale. Die beiden Schwesterkerne hängen noch durch die Verbindungsfäden zusammen; innerhalb dieser die junge Scheidewand. Die Schwesterkerne in verschiedener Höhe.

Fig. 72. Theilung der Spaltöffnungsinitiale zur Bildung der Spaltöffnungsmutterzelle.

Fig. 73. Die Bildung der Spaltöffnungsmutterzelle vollendet.

Fig. 74. Theilung der Spaltöffnungsmutterzelle zur Bildung der beiden Schliesszellen. Zustand der Kernspindel.

**Fig. 75—77. Mercurialis annua.**

Vergr. 540.

Fig. 75. Eine Spaltöffnungsinitiale mit Kernspindel.

Fig. 76. Die Initiale hat sich in eine Mutterzelle und Nebenzelle der Spaltöffnung getheilt.

Fig. 77. Die Mutterzelle hat die beiden Schliesszellen erzeugt.

**Fig. 78—79. Aneimia fraxinifolia.**

Vergr. 540.

Fig. 78. Spaltöffnungsmutterzelle von ihrer Schwesterzelle umgeben, bald nachdem beide durch Theilung aus gemeinsamer Mutterzelle entstanden sind. Auch der untere, engere Umriss der Spaltungsmutterzelle ist eingetragen.

Fig. 79. Junge Spaltöffnung. Ein Fall, wo dieselbe durch eine Leiste

[illegible]

Fig. [illegible]

[illegible]

Fig. [illegible]

[illegible]

Fig. [illegible]

Fig. [illegible]

Fig. [illegible]

Fig. [illegible]

**Fig. 114–131. Psilotum triquetrum.**
Vergr. 540.

Fig. 114. Vier noch polygonale Sporenmutterzellen im Zusammenhange.

Fig. 115. Die Mutterzellen in Trennung, abgerundet, der Inhalt der Zellkerne ist grobkörnig geworden.

Fig. 116—120. Der Spindelbildung vorausgehende Stadien.

Fig. 121. Die Kernspindel.

Fig. 122 und 123. Ausbildung der Schwesterkerne und der Zellplatte.

Fig. 124 und 125. Kernspindeln in den Schwesterzellen; bei 124 in derselben, bei 125 in rechtwinklich sich schneidenden Ebenen.

Fig. 126—128. Folgende Stadien der Theilung der Schwesterzellen, in derselben oder in zwei sich rechtwinklich schneidenden Ebenen. Ausbildung der Zellplatten.

Fig. 129 und 130, nach Fertigstellung der Scheidewände; bei 129 von der Spitze, bei 130 von der Seite betrachtet.

Fig. 131. Fertige Sporen von der Seite, noch zusammenhängend, doch nach fast vollständiger Auflösung der Mutterzellwandung.

**Fig. 132—144. Equisetum limosum.**
Vergr. 540.

Fig. 132. Vier Sporenmutterzellen noch im Zusammenhang. Der Inhalt der Zellkerne grobkörnig.

Fig. 133 und 134. Die Kernspindel, hier eigenthümlicherweise von der Kernwandung noch umgeben. Nur an den Spindelpolen fehlt diese Wandung.

Fig. 135. Theilung der Kernplatte.

Fig. 136. Ausbildung der Schwesterkerne.

Fig. 137. Bildung der Zellplatte.

Fig. 138 und 139. Theilung der Schwesterkerne.

Fig. 140 und 141. Bildung der Zellplatten.

Fig. 142. Ausbildung der quellbaren Scheidewände.

## Tafel X.

Fig. 143 und 144. Weitere Quellung und Auflösung der Scheidewände.

**Fig. 145–166. Anthoceros laevis.**
Nach Chromsäure-Präparaten
Vergr. 540.

Fig. 145. Sporenmutterzelle mit Kern und demselben anliegender Plasmamasse.

Fig. 146—149. Diese Plasmamasse in erster Theilung.

Fig. 150. Die beiden Plasmamassen einander wieder genähert und beginnende Einschnürung zur zweiten Theilung zeigend.

Fig. 151—156. Vorgänge der zweiten Theilung. In Fig. 155 die Ebene, in der die vier Plasmamassen liegen, vertical gestellt.

Fig. 157 und 158. Die vier Plasmamassen ordnen sich tetraëdrisch an.

Fig. 159. Der Zellkern in Spindelform.

Fig. 160 und 161. Die beiden Schwesterkerne bereits getrennt.

Fig. 162 und 163. Theilung der Schwesterkerne.

Fig. 164. Ausbildung der Zellplatten.

Fig. 165. Verschmelzen der Elemente derselben.

Fig. 166. Die quellbaren Scheidewände ausgebildet.

**Fig. 1—26. Spirogyra majuscula.**

Vergr. 230.

Sämmtliche Figuren nach Chromsäure-Präparaten.

Fig. 1. Eine Zelle im Ruhezustand.

Fig. 2. Ein Zellkern von der einen Endfläche aus gesehen.

Fig. 3. Die Zelle bei a, im optischen Durchschnitt, bei b von oben gesehen. Der Zellkern beginnt breiter zu werden. Stärkekörnchen sammeln sich im Protoplasmabande an der Wand der Zelle an.

Fig. 4 und 5. Der Zellkern rechteckig, beginnende Bildung der Kernplatte im Innern desselben.

Fig. 6—8. Der Zellkern wird biconcav.

## Tafel XI.

Fig. 9—11. Die Endflächen weichen auseinander und flachen sich ab.

Fig. 12. Spaltung der Kernplatte.

Fig. 13. Beginn des Auseinanderweichens der beiden Hälften derselben.

Fig. 14 und 15. Weitere Zustände des Auseinanderweichens. Bildung der Verbindungsfäden.

Fig. 16 und 17. Die Verbindungsfäden zu einigen Strängen verschmolzen, weichen auseinander. Beginn der Ausbildung der Tochterkerne aus den Kernplattenhälften.

Fig. 18. Weiteres Wachsthum der Kernanlagen, Einziehen der feingestreiften Kerntheile auf dieselben.

Fig. 19 und 20. Beginn der Bildung der Kernkörperchen.

Fig. 21. Weiteres Wachsthum der Kerne. Bevorzugung eines Kernkörperchens. Die Verbindungsfäden haben den Protoplasma-Ring am Rande der Scheidewand erreicht.

Fig. 22. Je zwei Kernkörperchen gleichmässig weiter entwickelt.

Fig. 23. Die Kerne fast fertig; weiteres Vorrücken der Scheidewand.

Fig. 24. Die Scheidewandbildung bis auf die mittlere Oeffnung vollendet. Die Verbindungsfäden gerade.

Fig. 25. Die Scheidewandbildung vollendet.

Fig. 26. Zustand gleich nach vollendeter Theilung; die Verbindungsfäden werden schwächer.

**Fig. 27—42. Spirogyra nitida.**

Die Figuren 33b, 35b, 36b, 540 Mal, die übrigen Figuren 230 Mal vergrössert. Sämmtliche Figuren, mit Ausnahme von Fig. 27, nach Chromsäure-Präparaten.

Fig. 27. Der mittlere Theil einer lebenden Zelle mit Zellkern.

Fig. 28. Der Zellkern rundet sich ab, das Kernkörperchen wird körnig.

Fig. 29. Sehr starke Ansammlung von Protoplasma an den beiden Endflächen des Zellkerns und Streifung derselben senkrecht zu diesen Endflächen.

Fig. 30 und 31. Ausbildung der Kernplatte, beiderseits derselben treten die Spindelfasern auf.

Fig. 32, 33a und 34. Streckung des Zellkerns.

Fig. 33b. Bildung des Plasmabandes an der Wand der Zelle und beginnende Ansammlung der Stärkekörner in demselben. Die Figur vom Lithographen schräg gestellt.

Fig. 35. Bei a fortgesetzte Streckung des Zellkerns, bei b Anordnung der Stärkekörner zu einer mehr oder weniger ausgeprägten Reihe. Auch letztere Figur vom Lithographen schräg gestellt.

## Tafel XII.

Fig. 36. Bei a Auseinanderweichen der beiden Hälften der Kernplatte; bei b Anordnung der Stärkekörnchen in zwei Reihen, folgend auf den ersten Beginn der Scheidewandbildung.

Fig. 37—39. Auseinanderweichen der beiden Hälften der Kernplatte, Gestaltsveränderung derselben.

Fig. 40. Wachsthum der Kernplattenhälften, Ernährung derselben aus dem umgebenden Plasma.

Fig. 41. Beginn der Bildung des Kernkörperchens. Die verschmolzenen Verbindungsfäden wölben sich nach aussen.

Fig. 42. Die Tochterkerne fast fertig gebildet, der Verbindungsfaden hat den Protoplasma-Ring an der Innenkante der vordringenden Scheidewand erreicht.

### Fig. 43—66. Oedogonium tumidulum.

Alle Figuren, mit Ausnahme der drei ersten, nach Chromsäure-Präparaten.
Fig. 43 880 Mal, die übrigen 540 Mal vergrössert.

Fig. 43. Erste Anlage des Ringes an der Wand der Mutterzelle; nur die eine Seite wurde im optischen Durchschnitt gezeichnet.

Fig. 44. Etwas vorgeschrittenere Ringanlage, auch in der Oberflächenansicht angegeben.

Fig. 45. Ein fertiger Ring, auch in der Oberflächenansicht angegeben.

Fig. 46. Eine noch ruhende Zelle.

Fig. 47. Ebenso, der Zellkern von der Fläche gesehen.

Fig. 48. Der Zellkern vergrössert, sein Inhalt körnig. Der Ring in der Anlage.

Fig. 49 und 50. Der Spindelbildung vorausgehende Zustände.

Fig. 51. Die Kernspindel, der Ring vollendet.

Fig. 52. Eine Kernspindel.

Fig. 53 und 54. Stadien des Auseinanderweichens der Spindelhälften.

Fig. 55—57. Differenzirung der Tochterkerne.

Fig. 58 und 59. Die Schwesterkerne nähern sich einander und verschlucken die zwischen denselben befindliche Substanz.

Fig. 60. Von dem zwischen den Kernen befindlichen Plasma aus werden Fäden nach dem Wandbeleg der Zelle durch das Lumen ausgesandt.

Fig. 61. Zwischen diese Fäden zieht sich das Wandplasma.

Fig. 62. In der so gebildeten Brücke bildet sich im ganzen Querschnitt der Zelle die Zellplatte.

Fig. 63 und 64. Die Schwesterkerne wandern auseinander.

Fig. 65. Der Ring geöffnet und gedehnt, durch Kalizusatz stark gequollen.

Fig. 66. Der Ring noch weiter gedehnt. Die Querwand hat ihren Bestimmungsort erreicht. Ebenfalls nach Kalizusatz.

## Tafel XIII.

### Fig. 1—8. Saprolegnia ferax.

Die Fig. 5 und 6 230 Mal, die übrigen 540 Mal vergrössert.
Mit Alkohol fixirte und durch Carmin oder Haematoxylin gefärbte Präparate.

Fig. 1. Ein ausgewachsener Schlauchtheil.

Fig. 2. Eine fortwachsende Schlauchspitze.

Fig. 3. Eine fortwachsende Schlauchspitze, die zahlreichen Zellkerne in Theilung zeigend.

Fig. 4. Ein abgegrenztes Sporangium.

Fig. 5. Bildung der Schwärmsporen.

Fig. 6. Die Schw"rmsporen kurz nach der Bildung.

Fig. 7. Eine zur Ruhe gekommene, von Cellulosehaut umgebene Schwärmspore.

Fig. 8. Beginn der Keimung einer solchen Spore.

**Fig. 9—26. Cladophora.**

Vergr. 540. Nur 20 und 21, 600.

Fig. 9. Stück einer Zelle von Cladophora fracta mit den Zellkernen. Chromsäure-Carmin-Präparat.

Fig. 10 und 11. Theile von Zellen der Cladophora glomerata, Zellkerne in Theilung zeigend. Chromsäure-Carmin-Präparate.

Fig. 13—19. Zellkerne von Cl. glomerata in Theilung. Chroms.-Carm.-Pr.

Fig. 20 und 21. Zellenstücke von Cladophora fracta, die Zelltheilung zeigend. Nach dem Leben.

Fig. 22. Stück einer Zelle von Cladophora laetevirens, die Vermehrung der Stärkekörner und der Zellkerne vor Beginn der Schwärmsporenbildung zeigend. Chroms.-Carm -Pr.

Fig. 23. Oberer Theil einer Zelle von Cladophora laetevirens, die Gruppirung der Stärkekörner um die Zellkerne zeigend. Nach dem Leben.

Fig. 24—26. Die Contraction des Inhalts und die Ausbildung des Schwärmsporen zeigend. Nach dem Leben.

**Fig. 27—36. Vaucheria sessilis.**

Die Figuren 27—34 sind 95 Mal, die Figur 35 ist 25 Mal, die Figur 36 ist 950 Mal vergrössert.

Fig. 27. Ein sich mit Protoplasma anfüllendes, zur Sporangiumbildung anschickendes Schlauchende.

Fig. 28. Theilungszustand zur Bildung des Sporangium; Auseinanderweichen der Plasmamassen.

Fig. 29. Kurz nach vollzogener Theilung.

Fig. 30. Während der Theilung; Auseinanderweichen der Plasmamassen.

Fig. 31. Kurz nach vollzogener Theilung.

Fig. 32—34. Aufeinanderfolgende Zustände der Differenzirung des Inhaltes im Innern des Sporangium.

Fig. 35. Die befreite, in Bewegung begriffene Schwärmspore.

Fig. 36. Bau der äusseren farblosen Protoplasmaschicht, die zahlreichen Zellkerne, die Cilien und deren Insection zeigend. Von dem vorderen Ende der Schwärmspore entnommen.

**Fig. 37—47. Sphacelaria scoparia.**

Fig. 37—42 nach Chromsäure-Präparaten; Fig. 43—47 nach dem Leben.

Fig. 37. Ein Zellkern im Ruhezustande Vergr. 540.

Fig. 38. Ein sich streckender Zellkern, das Plasma an den beiden Polen angesammelt Vergr. 540.

Fig. 39 Eine Kernspindel. Vergr. 540.

Fig. 40. Das Auseinanderweichen der beiden Kernplattenhälften. Vergr. 540.

Fig. 41. Die Tochterkerne homogen, durch wenig ausgeprägte Fäden verbunden. Vergr. 540.

Fig. 42. Die Tochterkerne mit je zwei Kernkörperchen. Vergr. 540.

Fig. 43. Nach dem Leben, etwa dem Stadium des Chromsäure-Präparats Fig. 41 entsprechend. Vergr. 240.

Fig. 44. Bildung der äquatorialen Zellplatte. Vergr. 240.

Fig. 45. Seitliche Ausbreitung derselben. Vergr. 240.

Fig. 46. Die junge Scheidewand gebildet. Vergr. 240.

Fig. 47. Dieselbe von der körnigen Substanz der Zellplatte entblösst. Vergr. 240.

### Fig. 48—52. Chara.

Vergr. 240.

Mit 1 % Chromsäure fixirte und mit Carmin gefärbte Präparate.

Fig. 48. Theil eines jungen Blattes, in der mittleren Zelle eine Kernspindel.

Fig. 49. Oberer Theil eines eben solchen Blattes; in der zweiten Zelle von unten eine Kernspindel, in der untersten ein vorgerückterer Theilungszustand zur Zeit der Anlage einer Zellplatte.

Fig. 50. In der zweituntersten Zelle die durch Verbindungsfäden zusammenhängenden Schwesterkern-Anlagen, vor Bildung der Zellplatte.

Fig. 51. In der viertuntersten Zelle Kernanlagen mit den Verbindungsfäden, in der zweituntersten Zelle mit Zellplatte.

Fig. 52. Die mittlere Zelle kurz nach der Theilung, der Kern der Knotenzelle liegt der jungen Scheidewand an.

### Fig. 53—61. Bryopsis.

Vergr. 230.

Fig. 53—61. Verschiedene Zustände und verschiedene Arten des Verschlusses an der Aussatzstelle der Zweige.

### Fig. 62—69. Allium ursinum.

Vergr. 540.

Fig. 62—69. Stücke von Pollenschläuchen, die Bildung der Verschlusse zeigend.

### Fig. 70—78. Nitella flexilis.

Vergr. 540.

Fig. 70—78. Der Kern der grossen Internodialzelle und seine Nachkommen sich durch Einschnürung vermehrend.

## Tafel XIV.

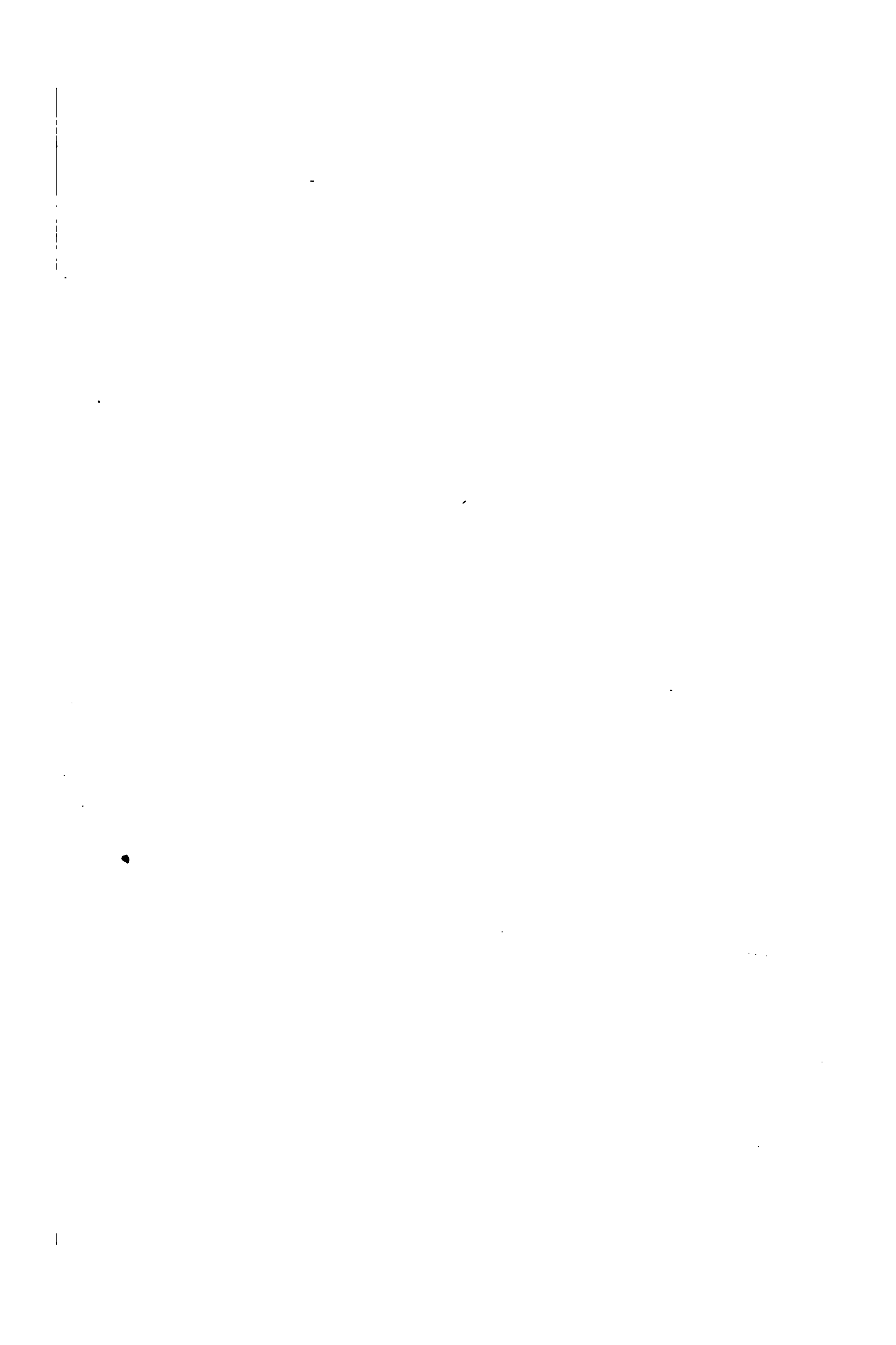
Nach Bildern von Fol, Flemming, Peremeschko, Schleicher, E. van Beneden, R. Hertwig, Bütschli und nach Präparaten von Mayzel zusammengestellt.

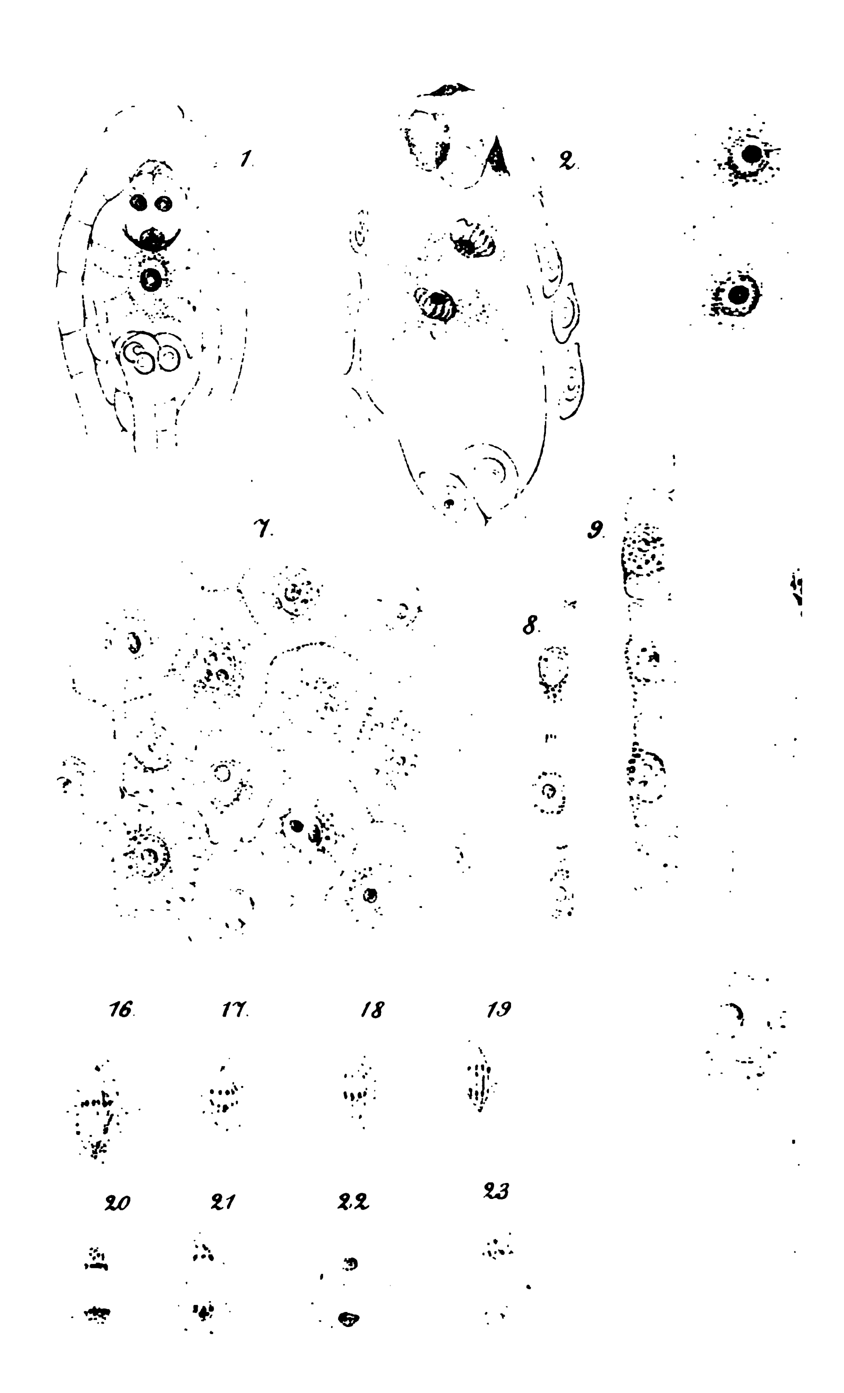
Die Erklärung der Figuren vergleiche im Text, Seite 302 und 313.

---

# Namen-Register.

Pierer'sche Hofbuchdruckerei. Stephan Geibel & Co. in Altenburg.






E. Strasburger ad nat. del.

Verl.

Taf. I.

4. 3 5. 6

11. 13 14.

12.

10.

15.

27.

24. 25. 26.

...star Fischer in Jena. Lith. von Laue.





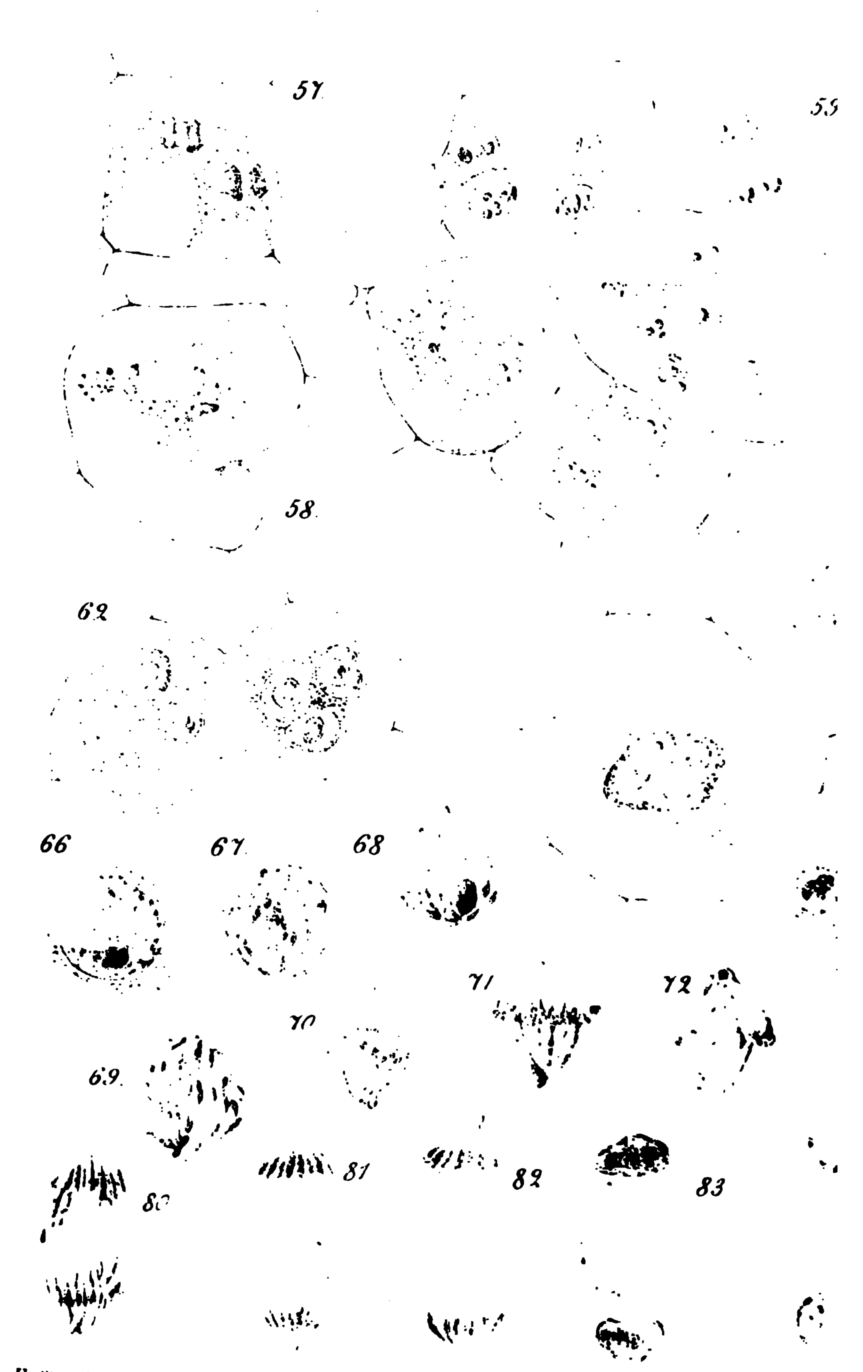

E. Strasburger ad nat del

Verlag




Gustav Fischer in Jena.

Lith. von Laue.

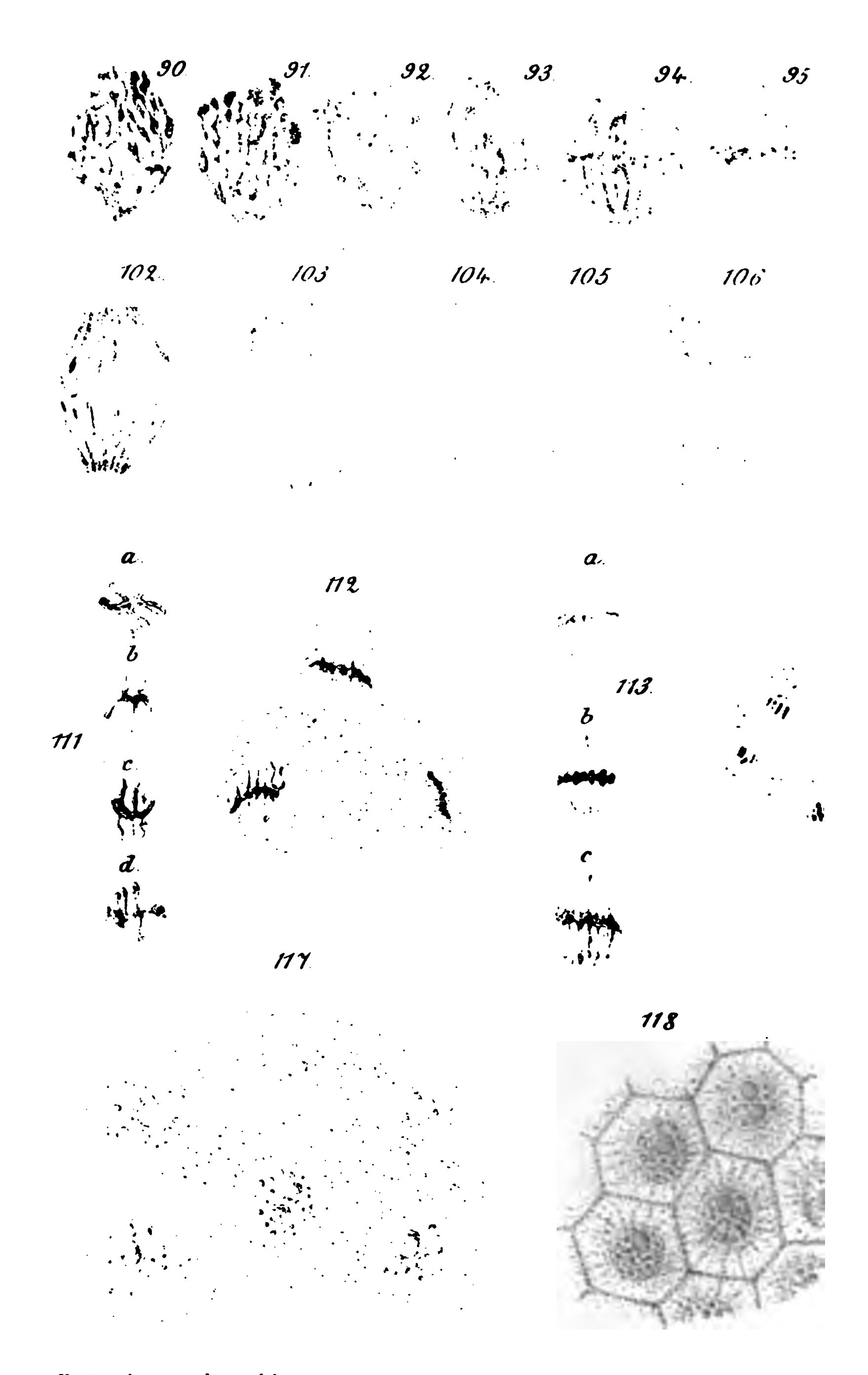



E. Strasburger ad nat. del.

Verlag von Gus



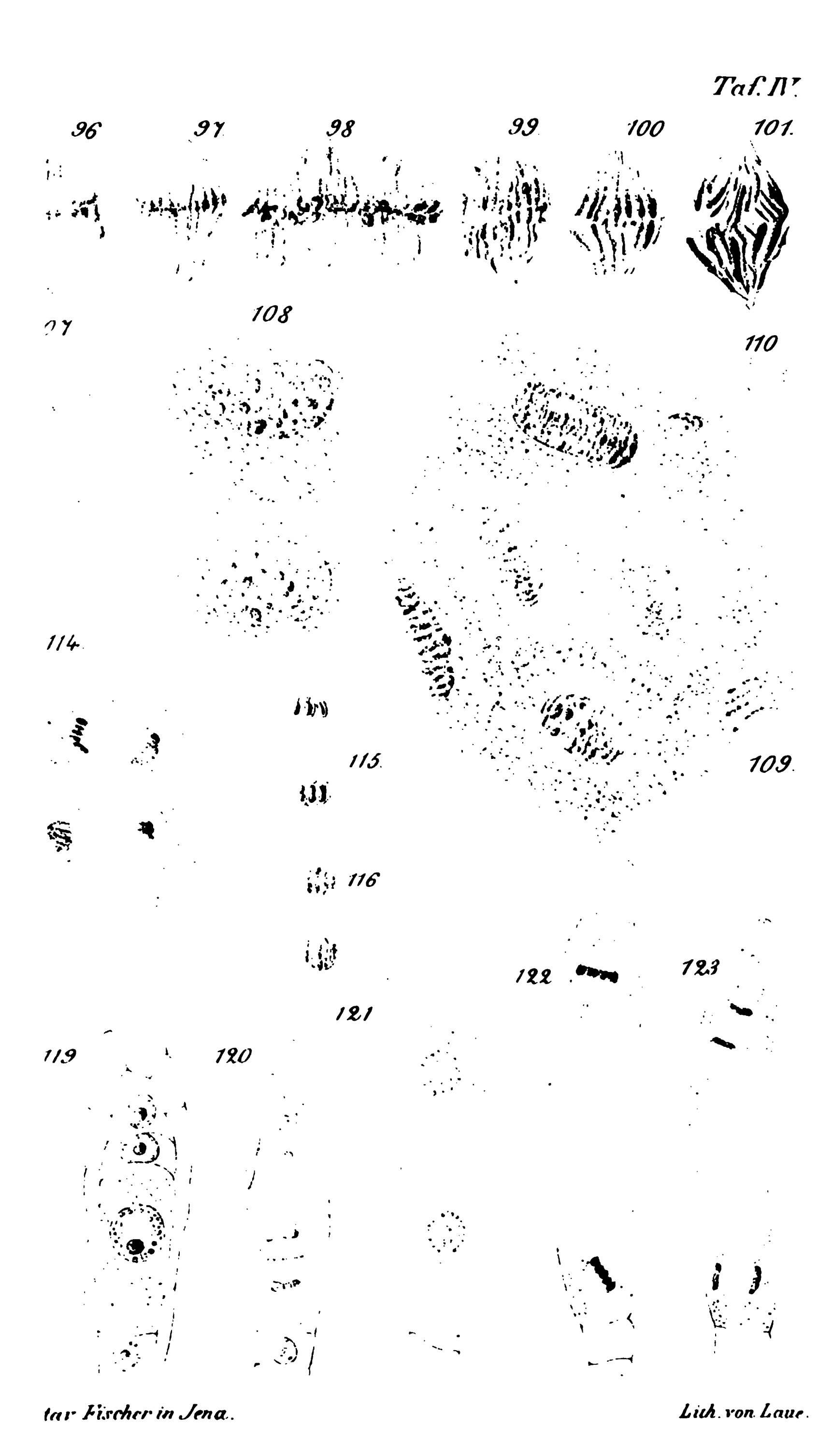

tav Fischer in Jena. Lith. von Laue




E. Strasburger ad nat. del.

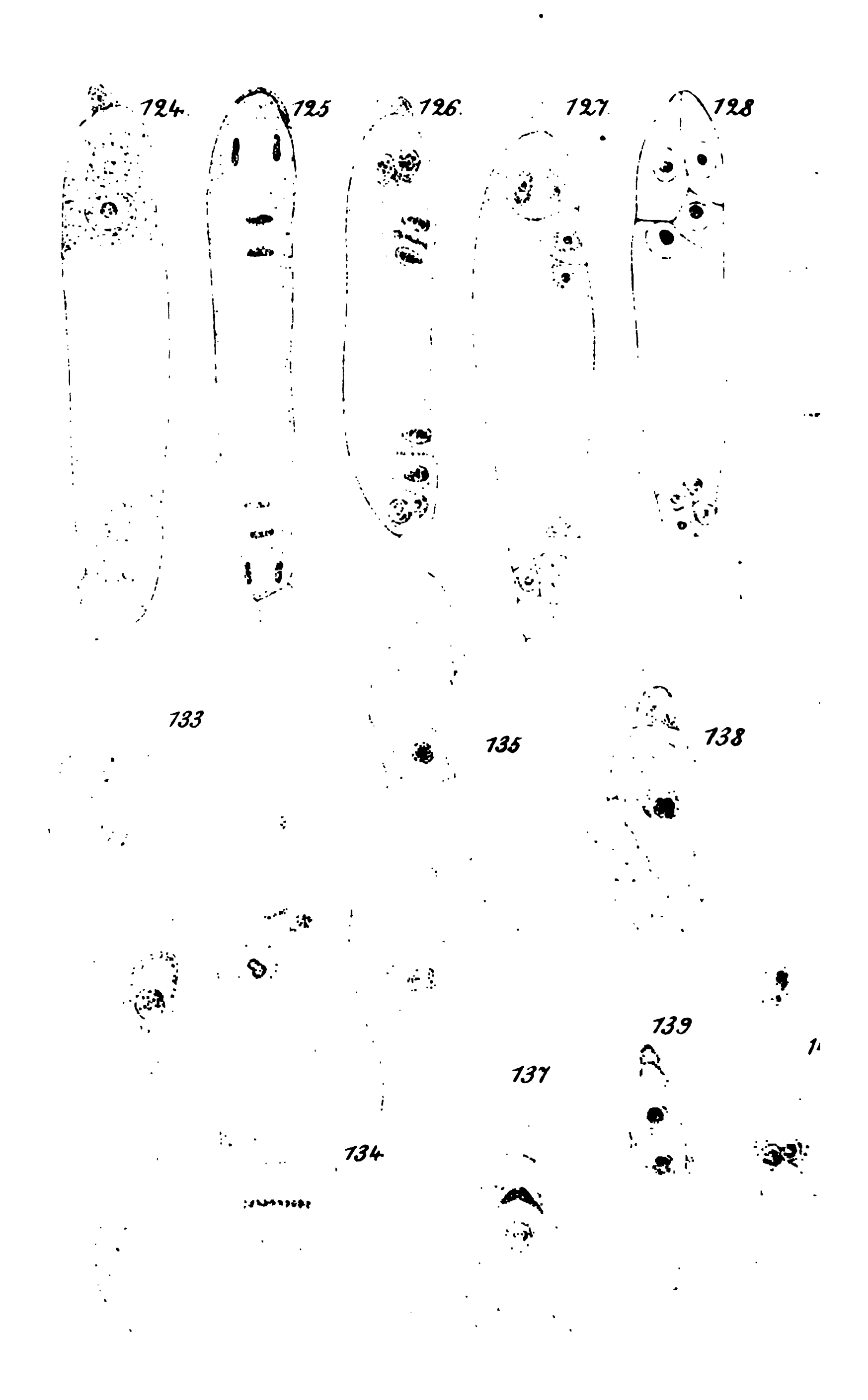
Verlag von

Taf. IV.




tav Fischer in Jena. Lith. von Laue.






E. Strasburger ad nat del

Verlag v

129. 130. 131. 132.

146.

143.

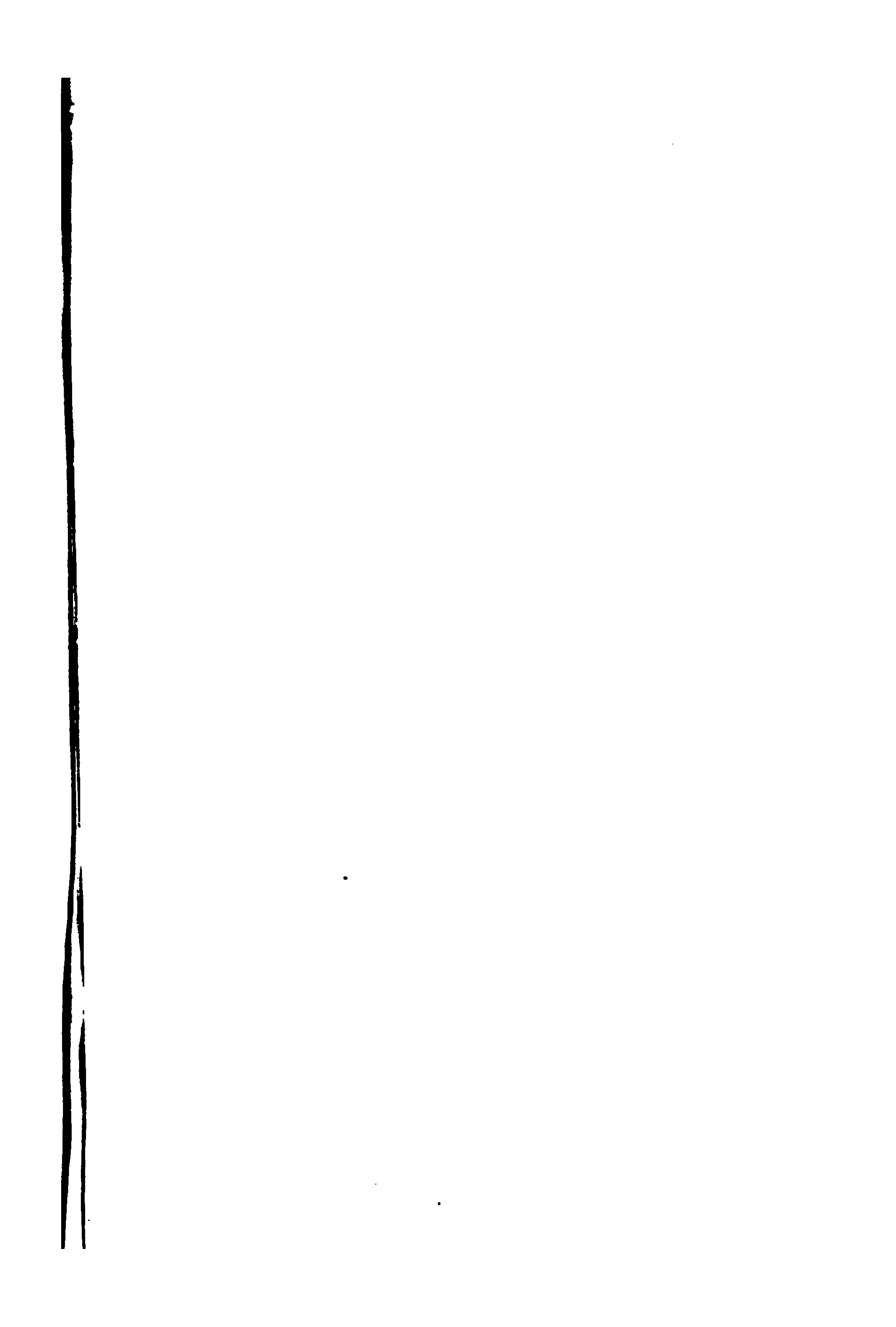
142. 144.

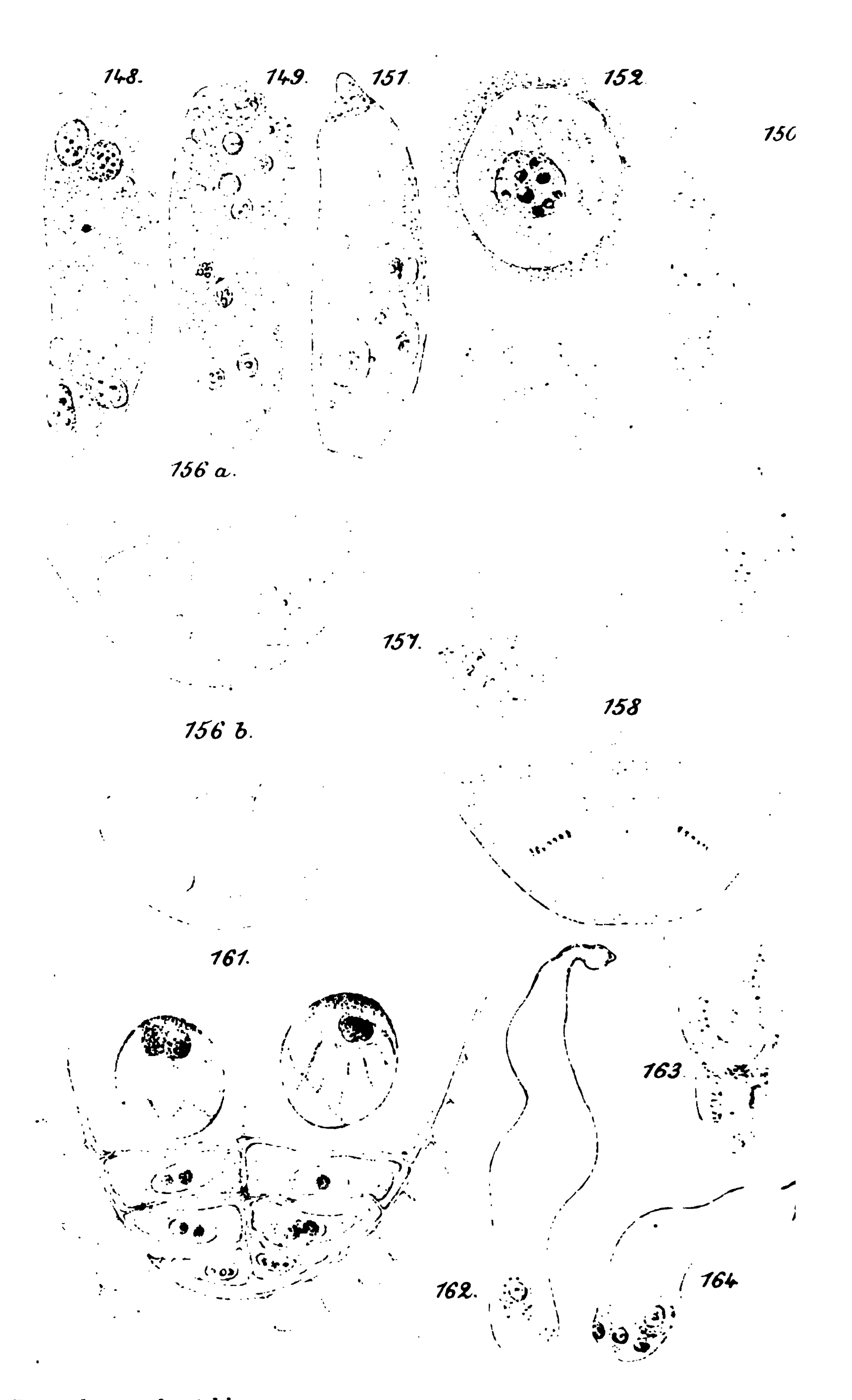
141.

145. 147.

Fischer in Jena

Lith. von Laue

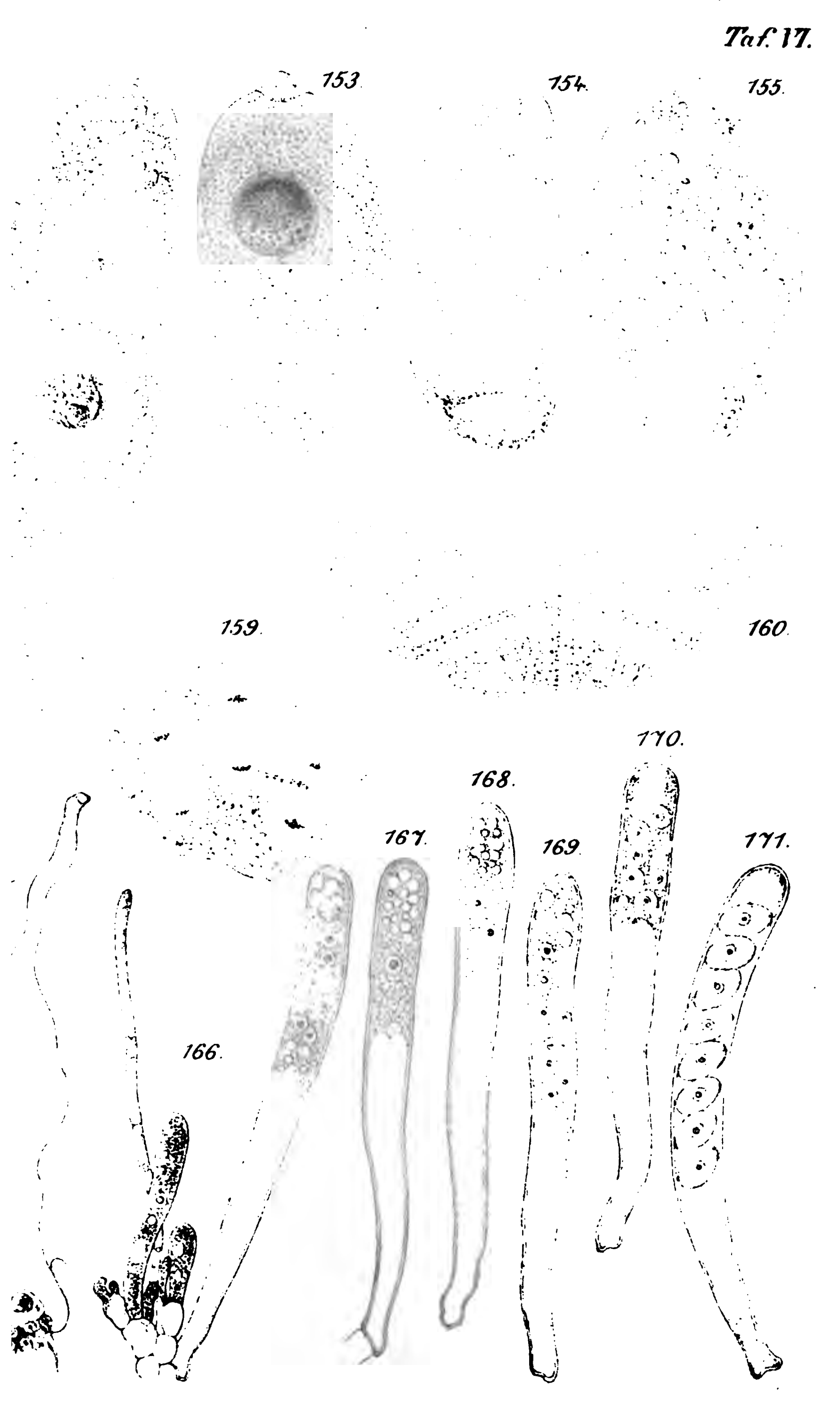




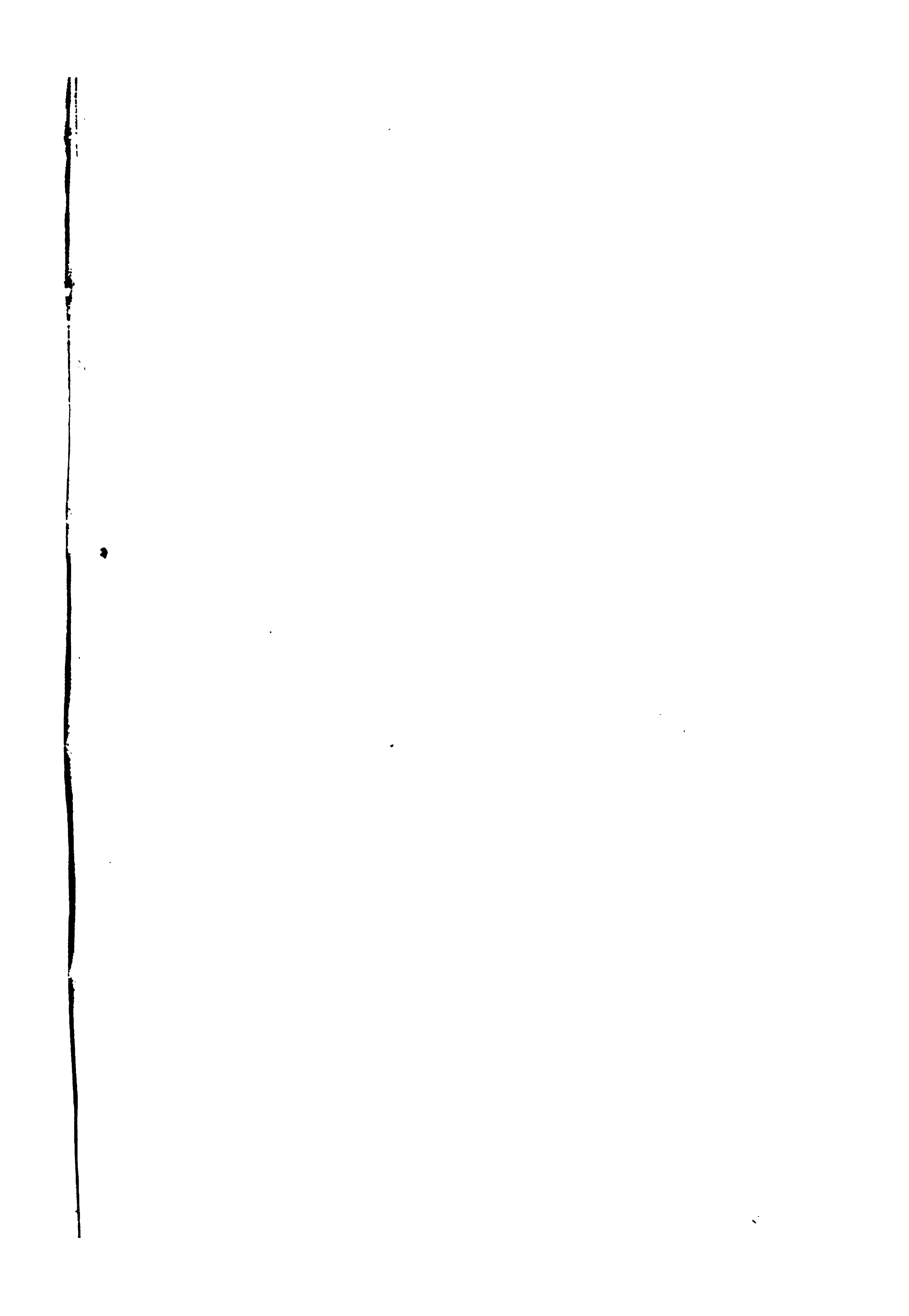

E. Strasburger ad nat. del.

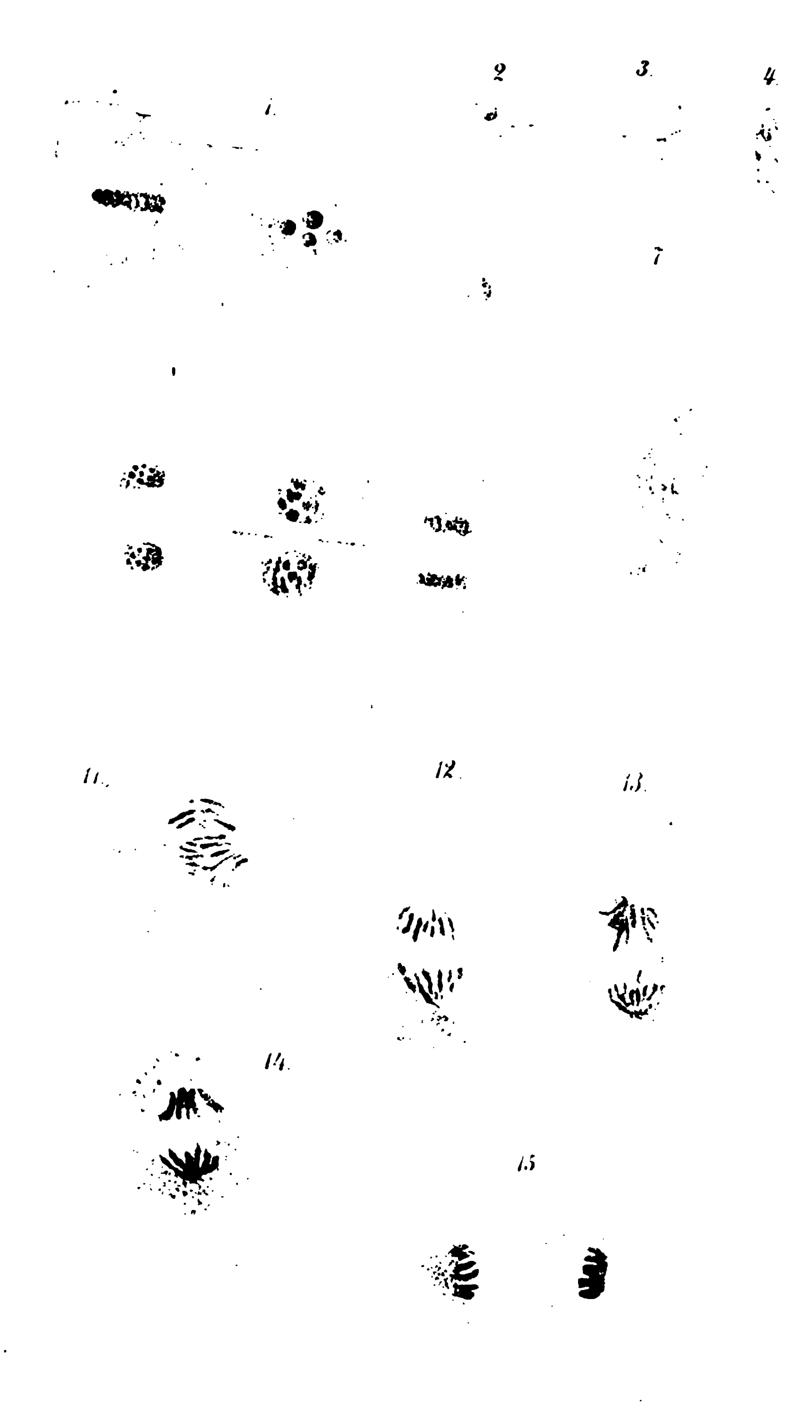
Verlag v

Taf. 17.



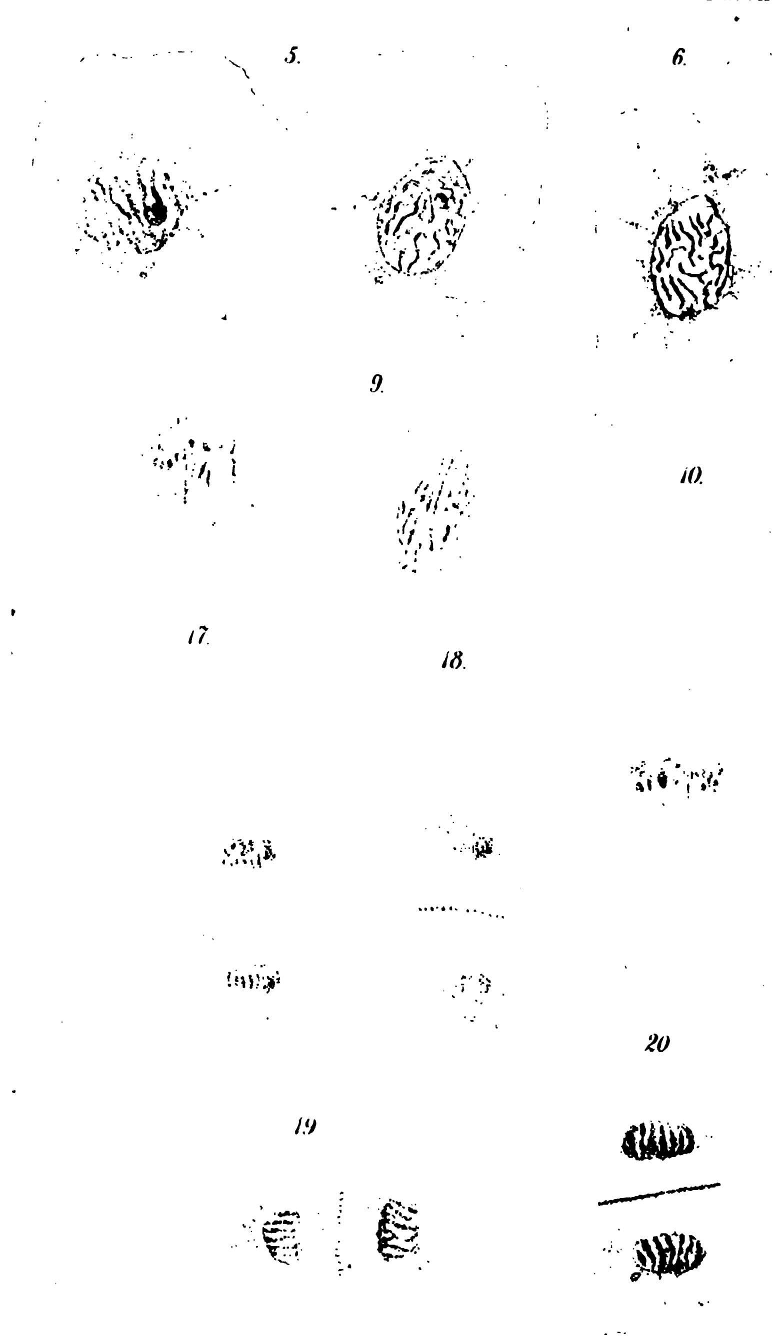

v. Fischer in Jena. Lith. von Laue.

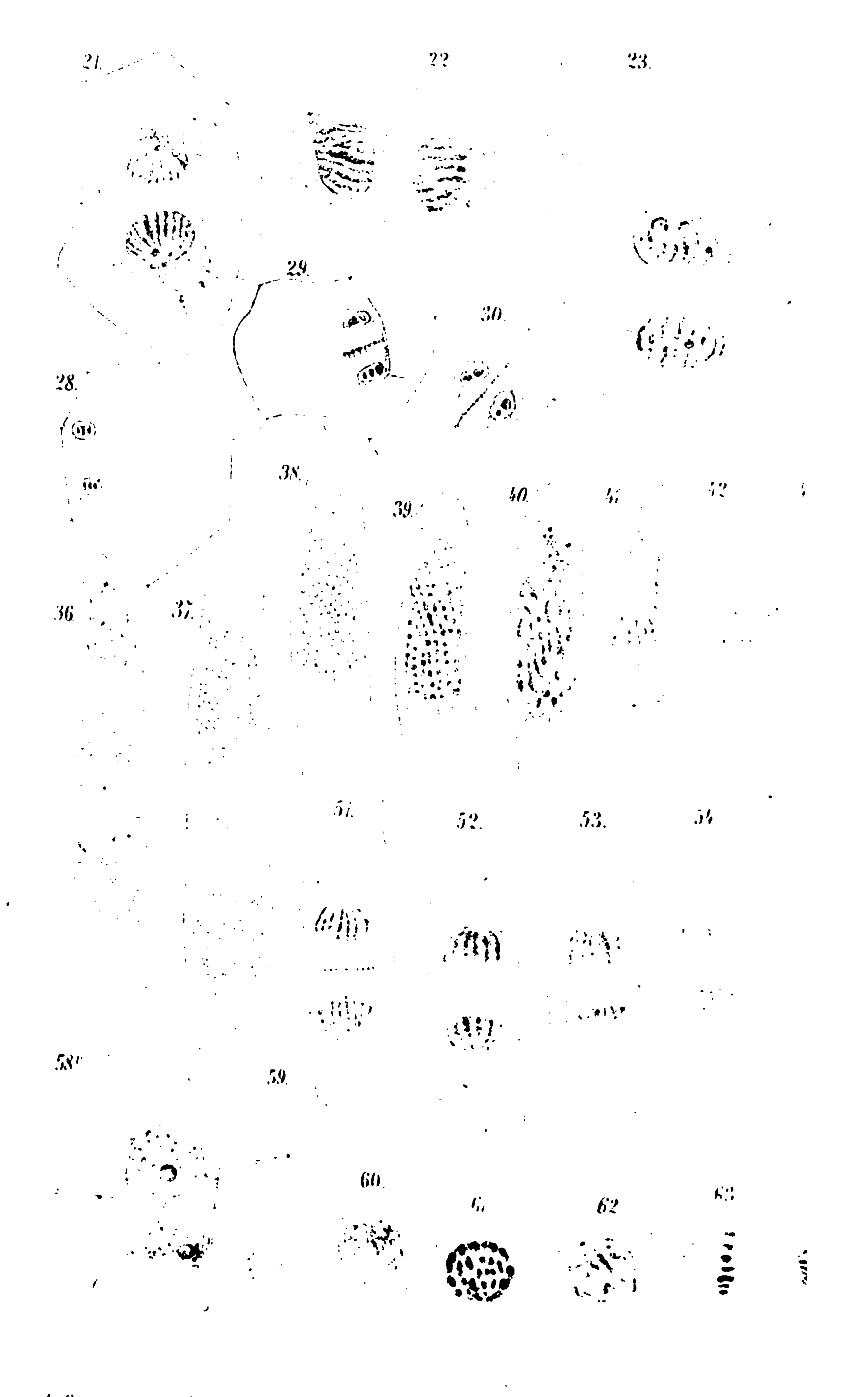




E. Strasburger ad nat. del.

Verlag v.


5.
6.
9.
10.
17.
18.
19
20



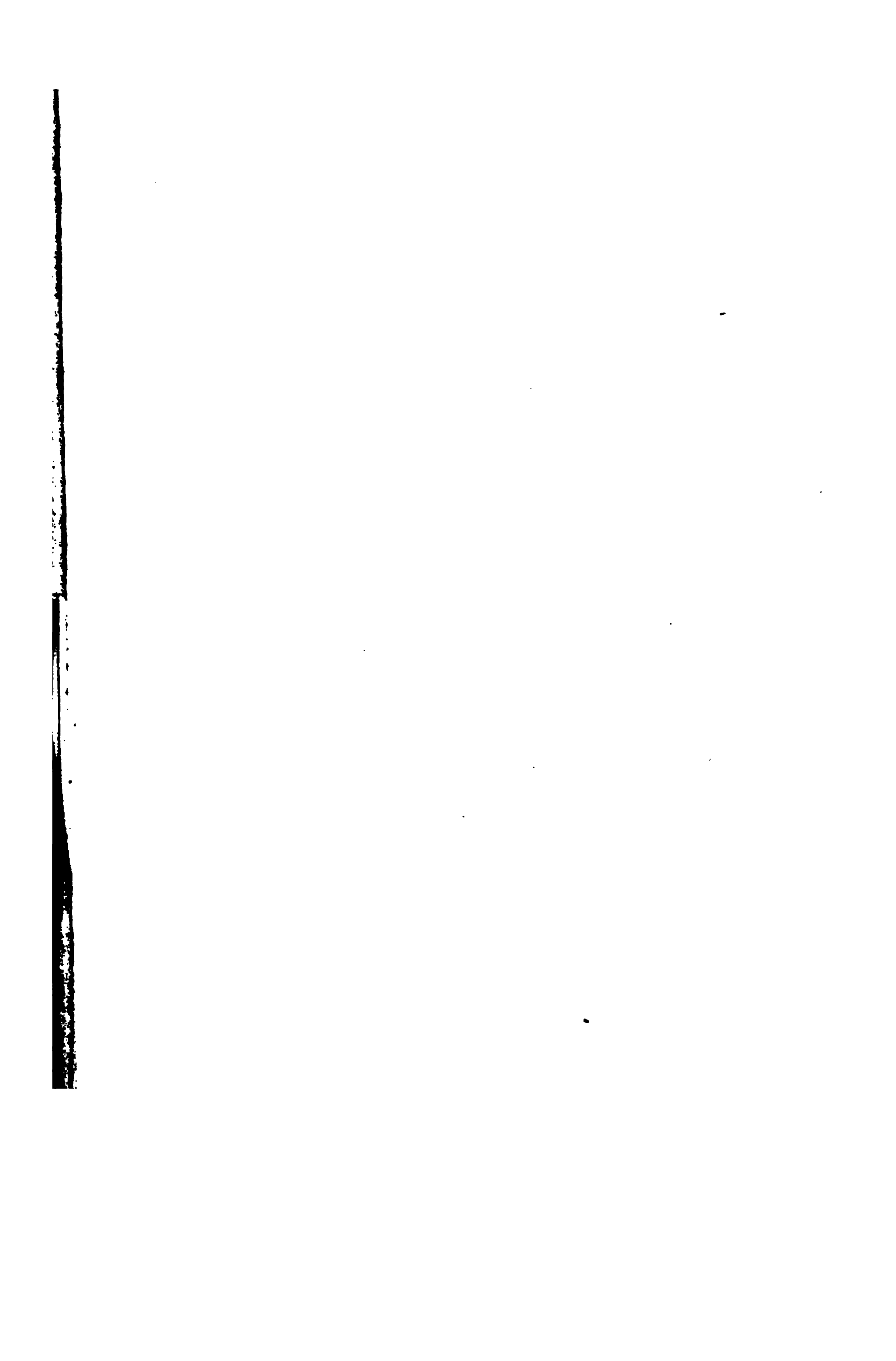
E. Strasburger ad nat. del.

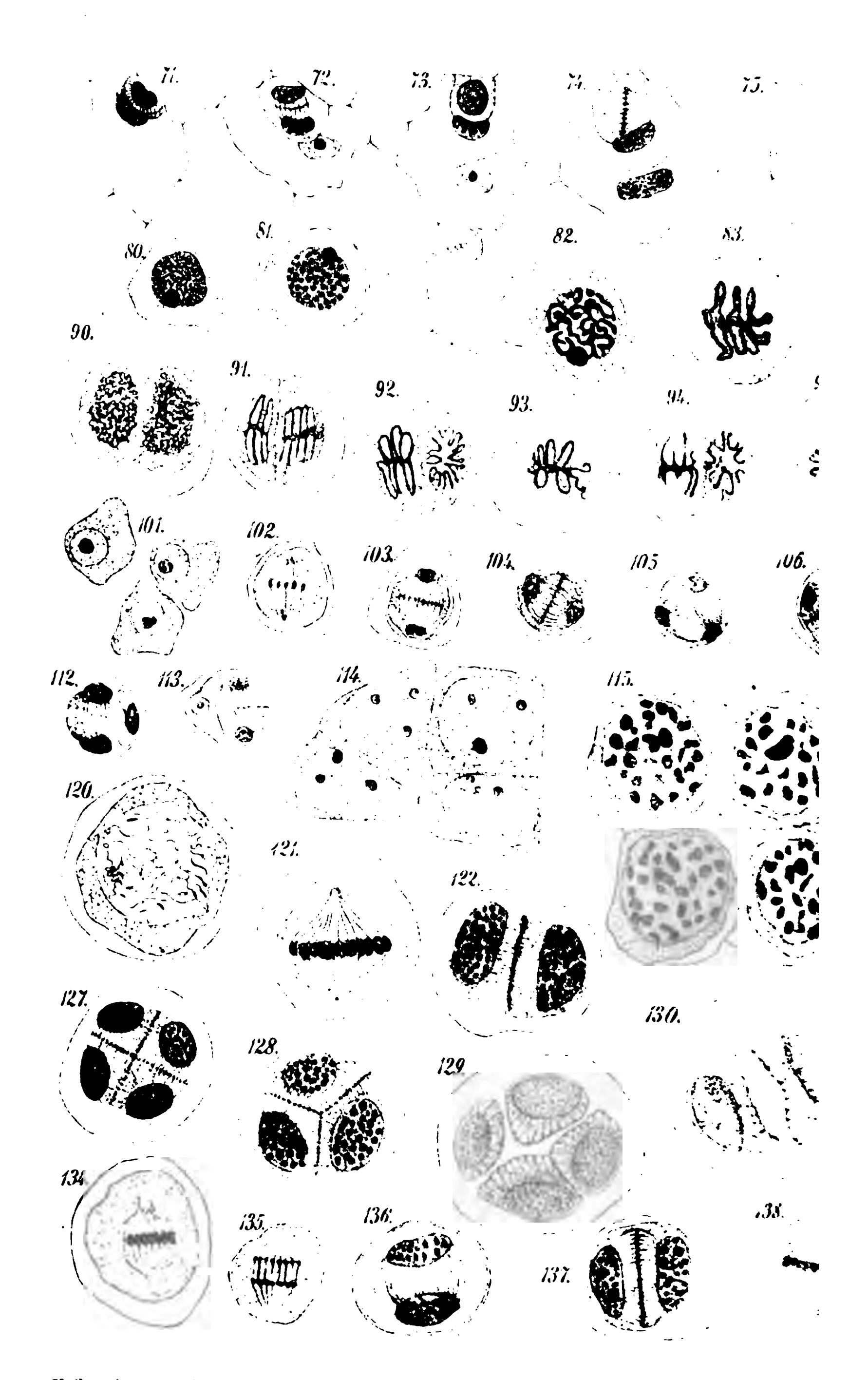
Taf. VIII.



Fischer in Jena

Lith. Eschebach & Schaefer, Leipzig

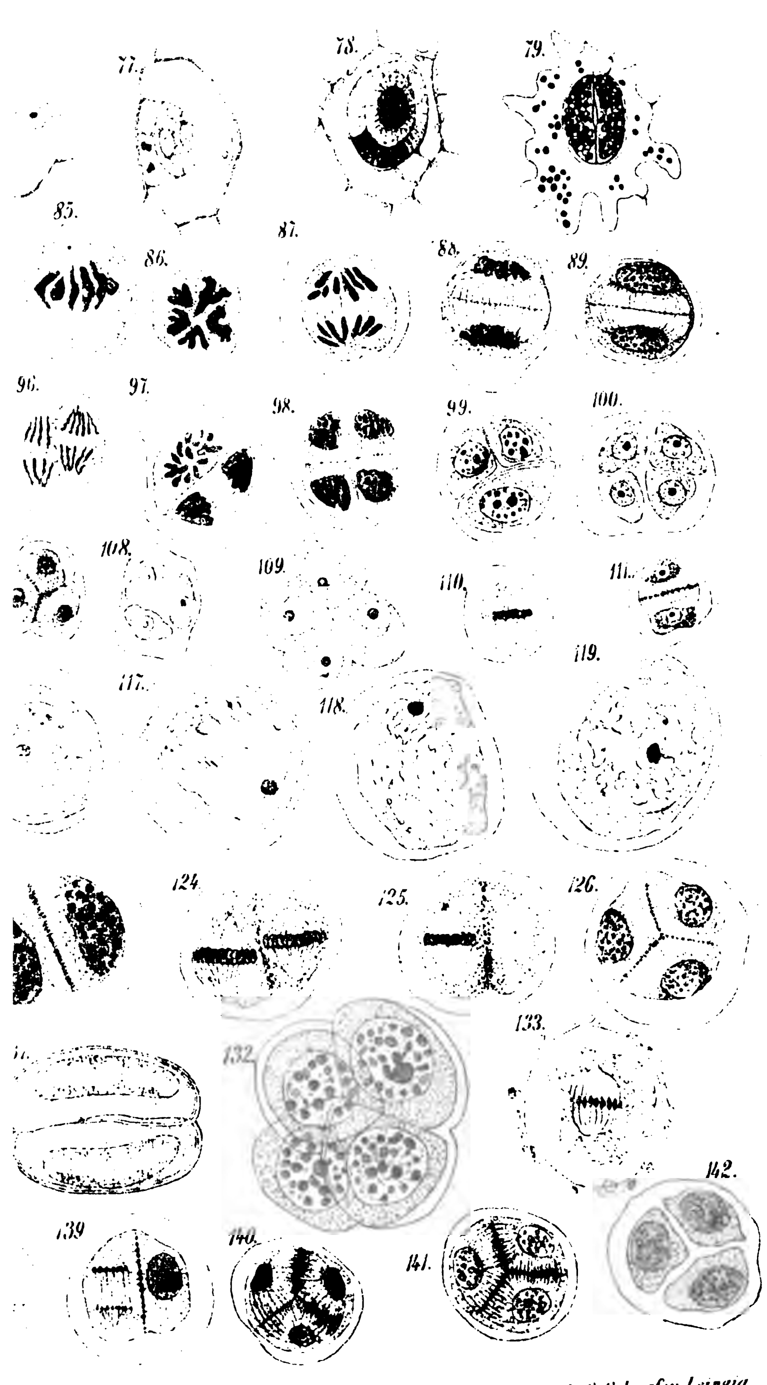





E. Strasburger ad nat. del.

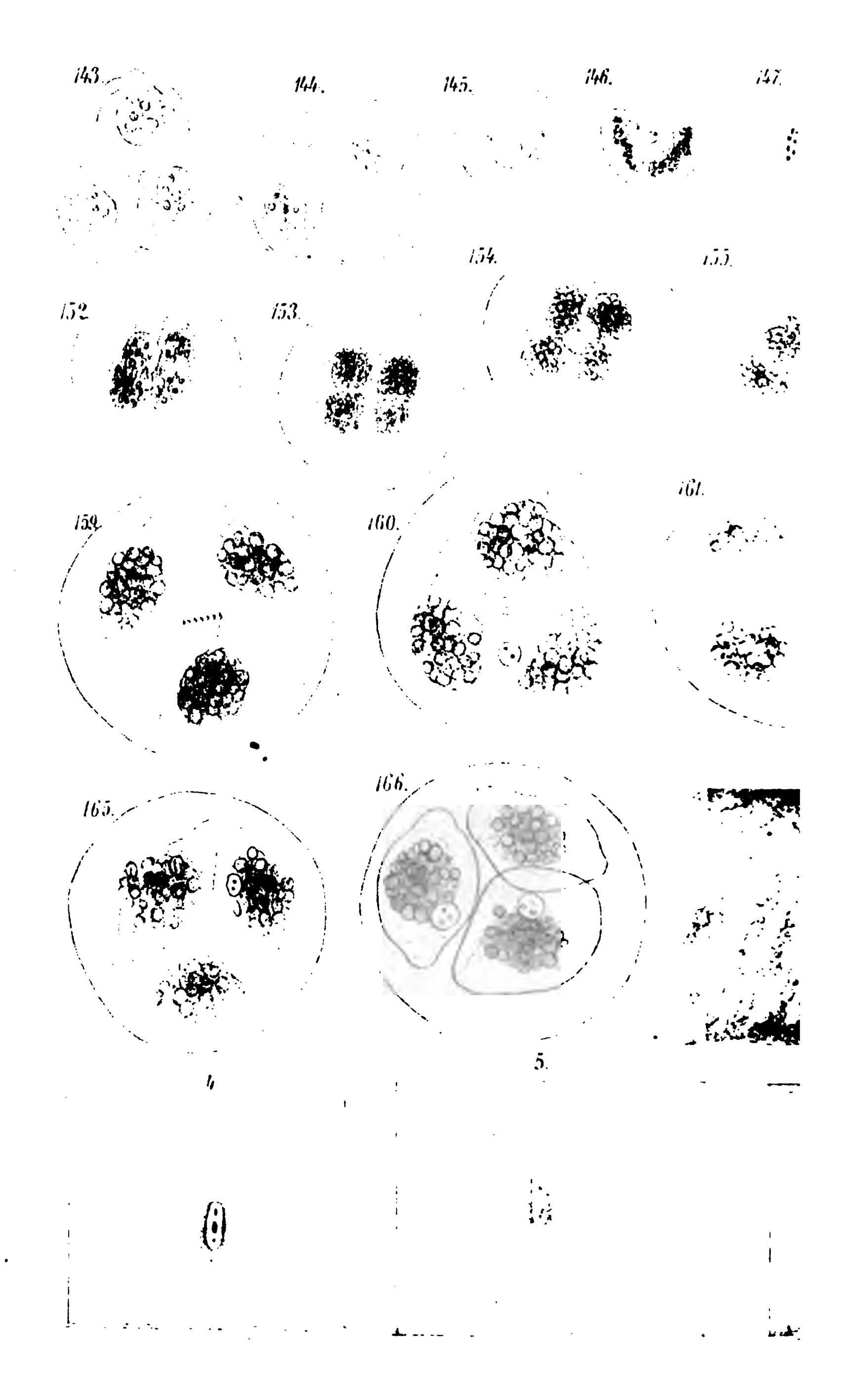
Verlag von Gus

Taf. IX.




Lith. Eschebach & Schaefer, Leipzig.

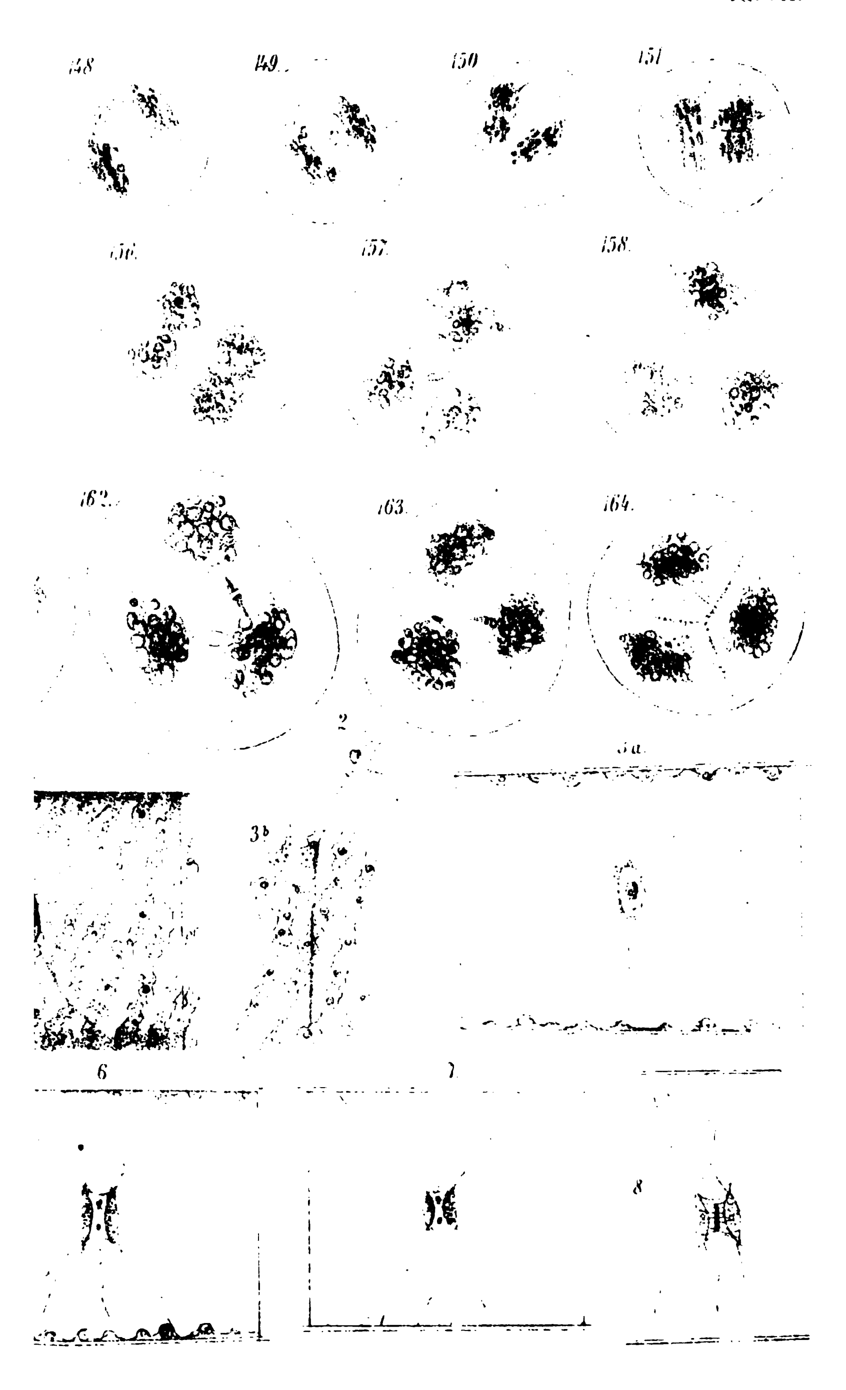
…scher in Jena.



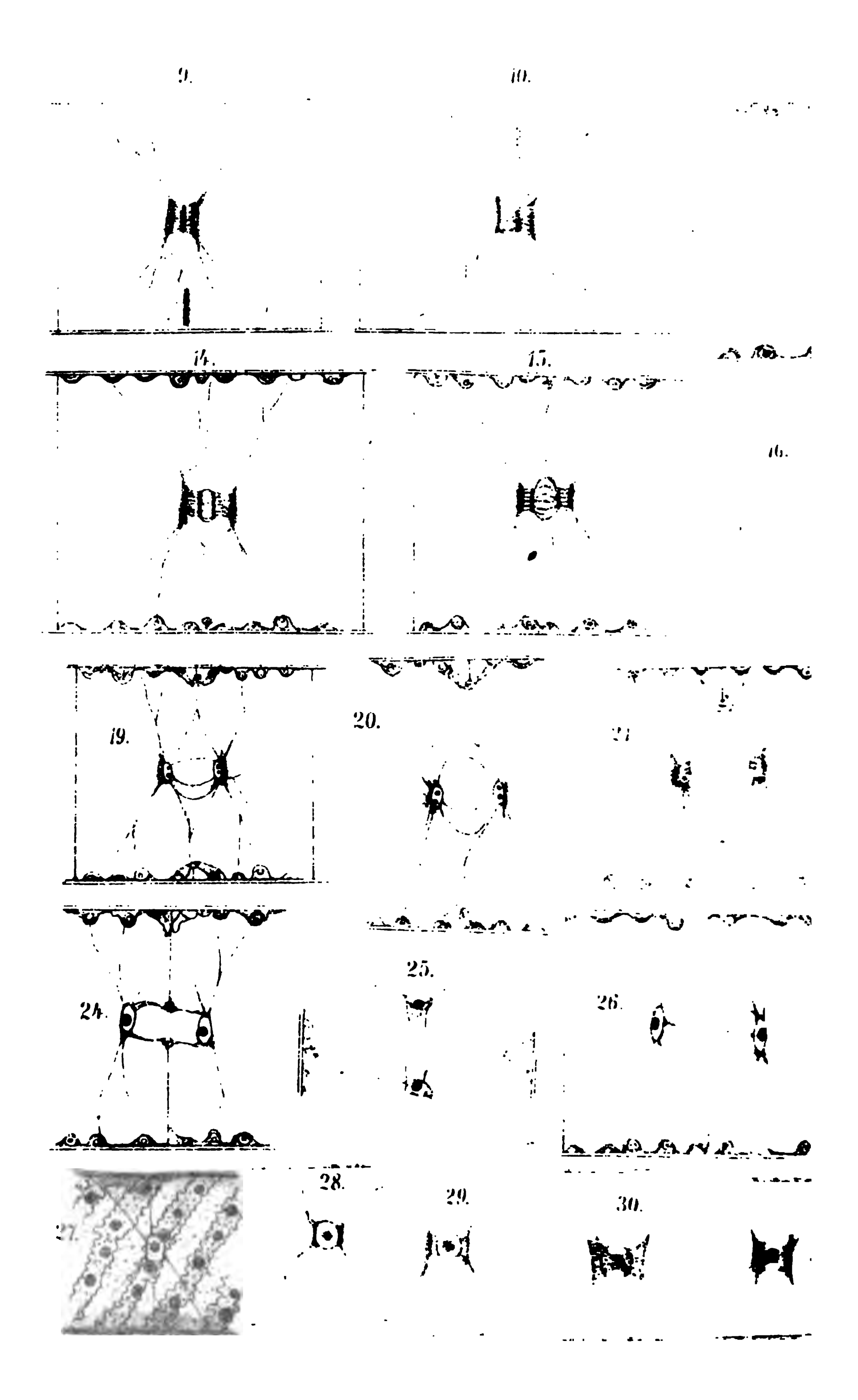

E. Strasburger ad nat. del.

Verlag v

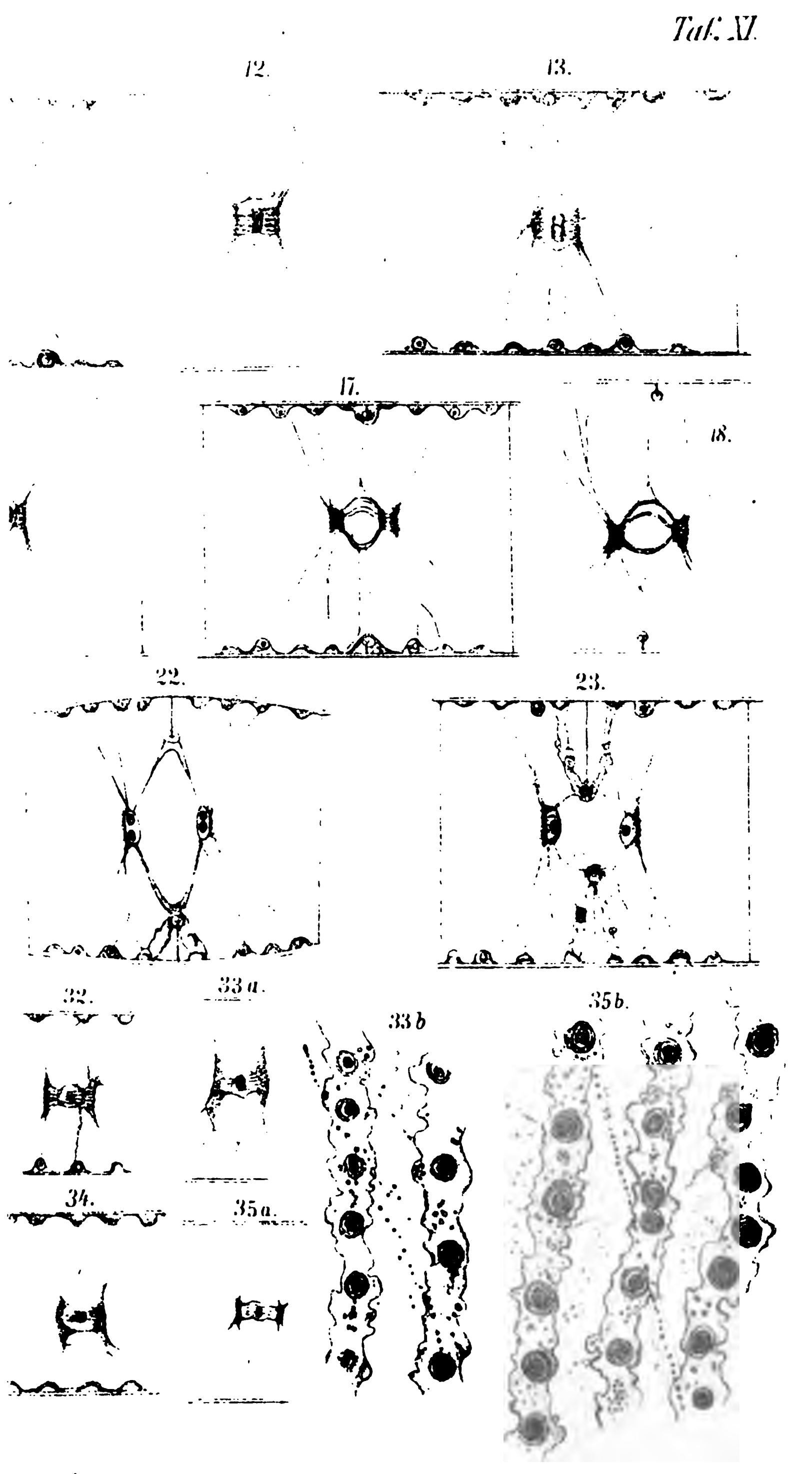
Taf. X.




Gustav Fischer in Jena.     Lith Eschebach & Schaefer, Leipzig




E. Strasburger ad nat. del. Verlag von Gust.



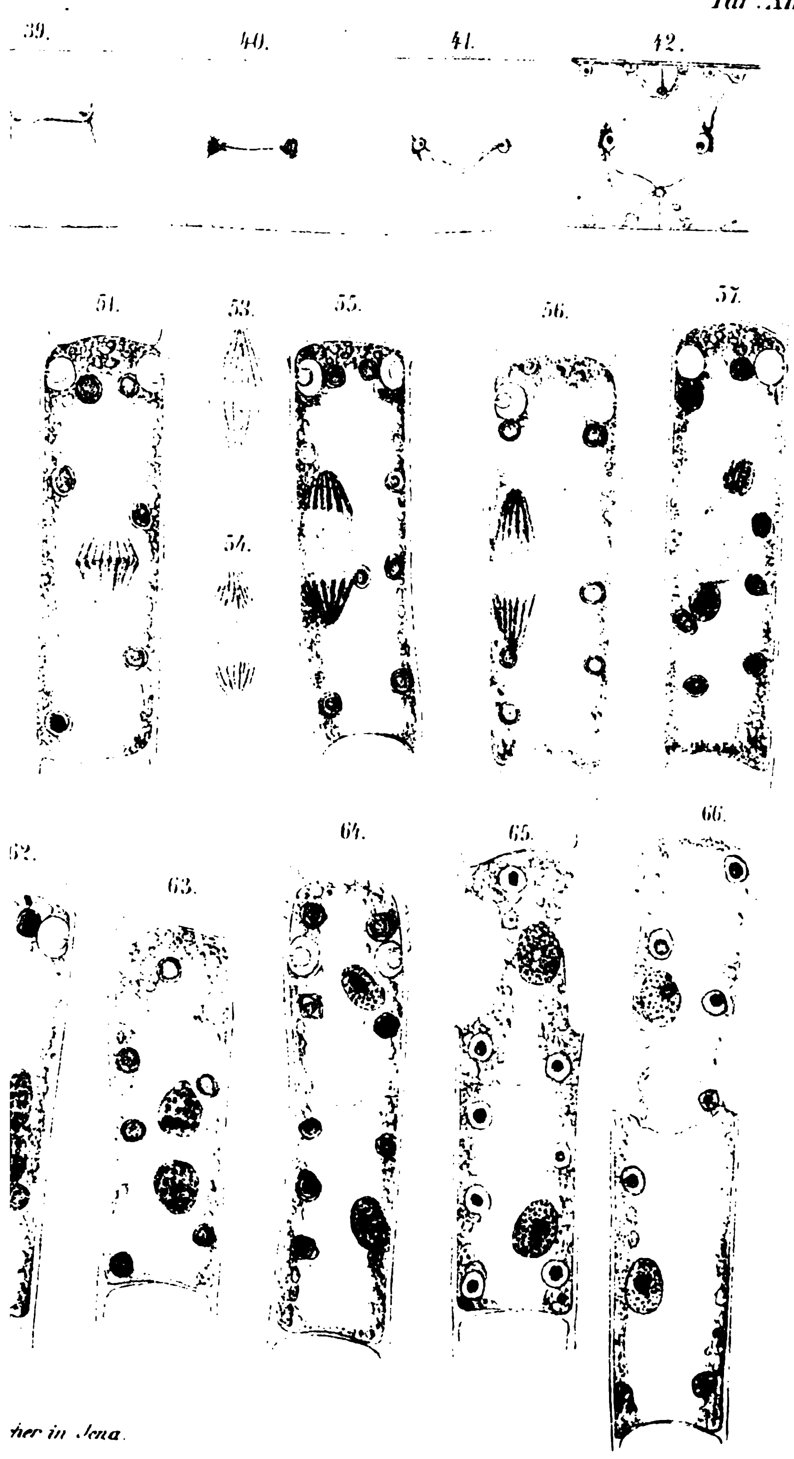

…r in Jena.



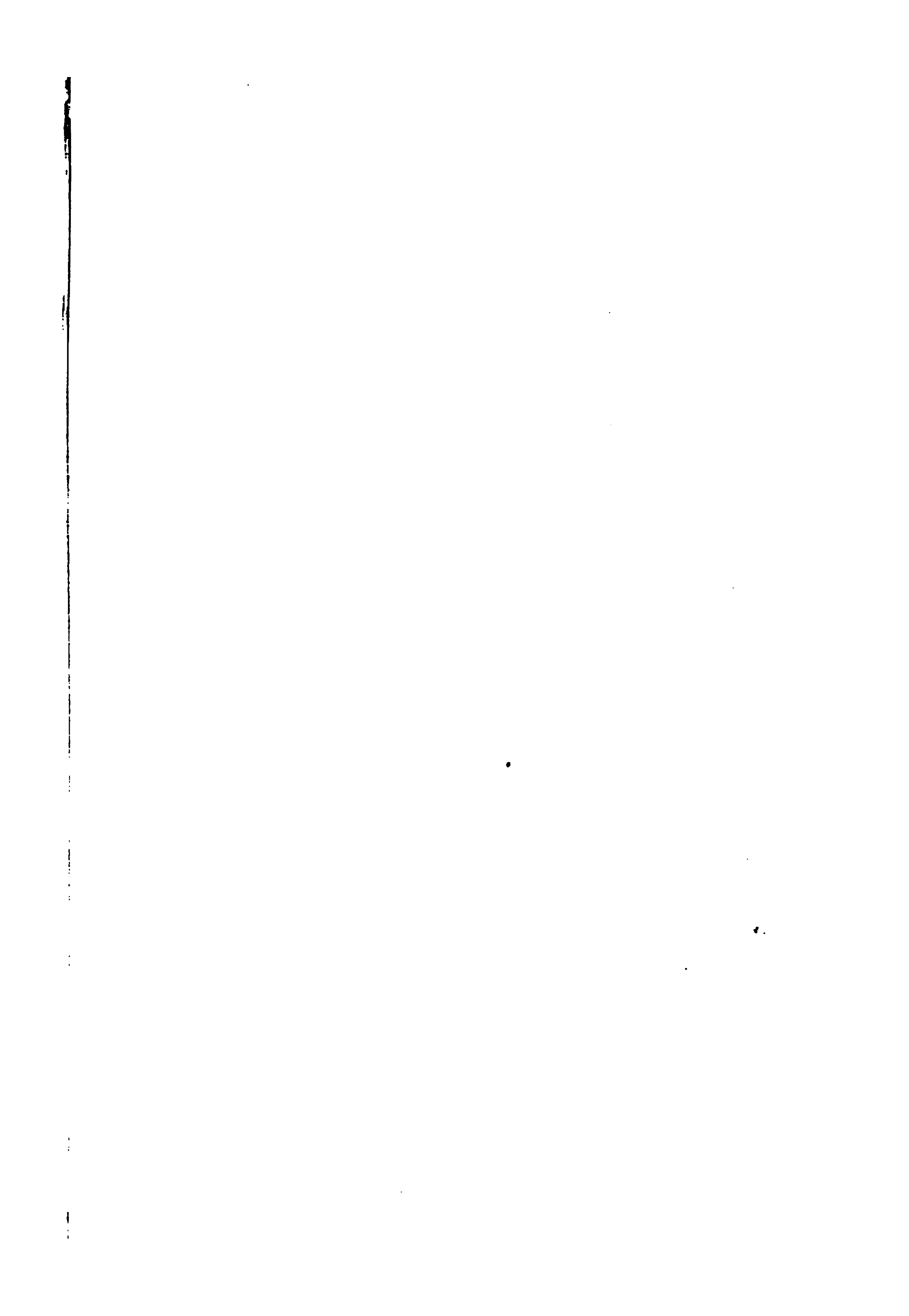

E. Strasburger ad nat. del.

Verlag von G

Taf. XII.




-her in Jena.



5 6 9

7

8

12 13 14 15 16

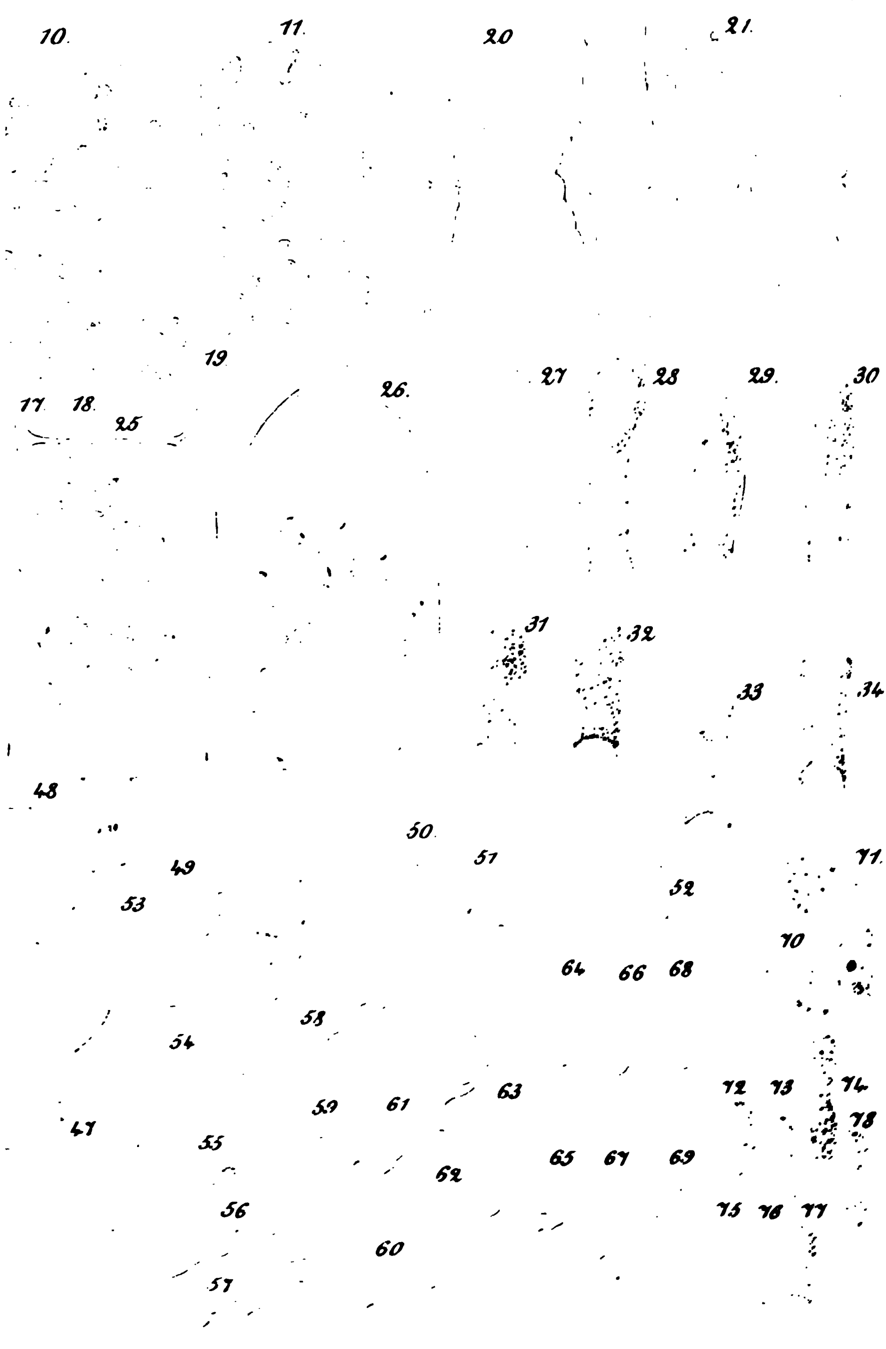
24

23

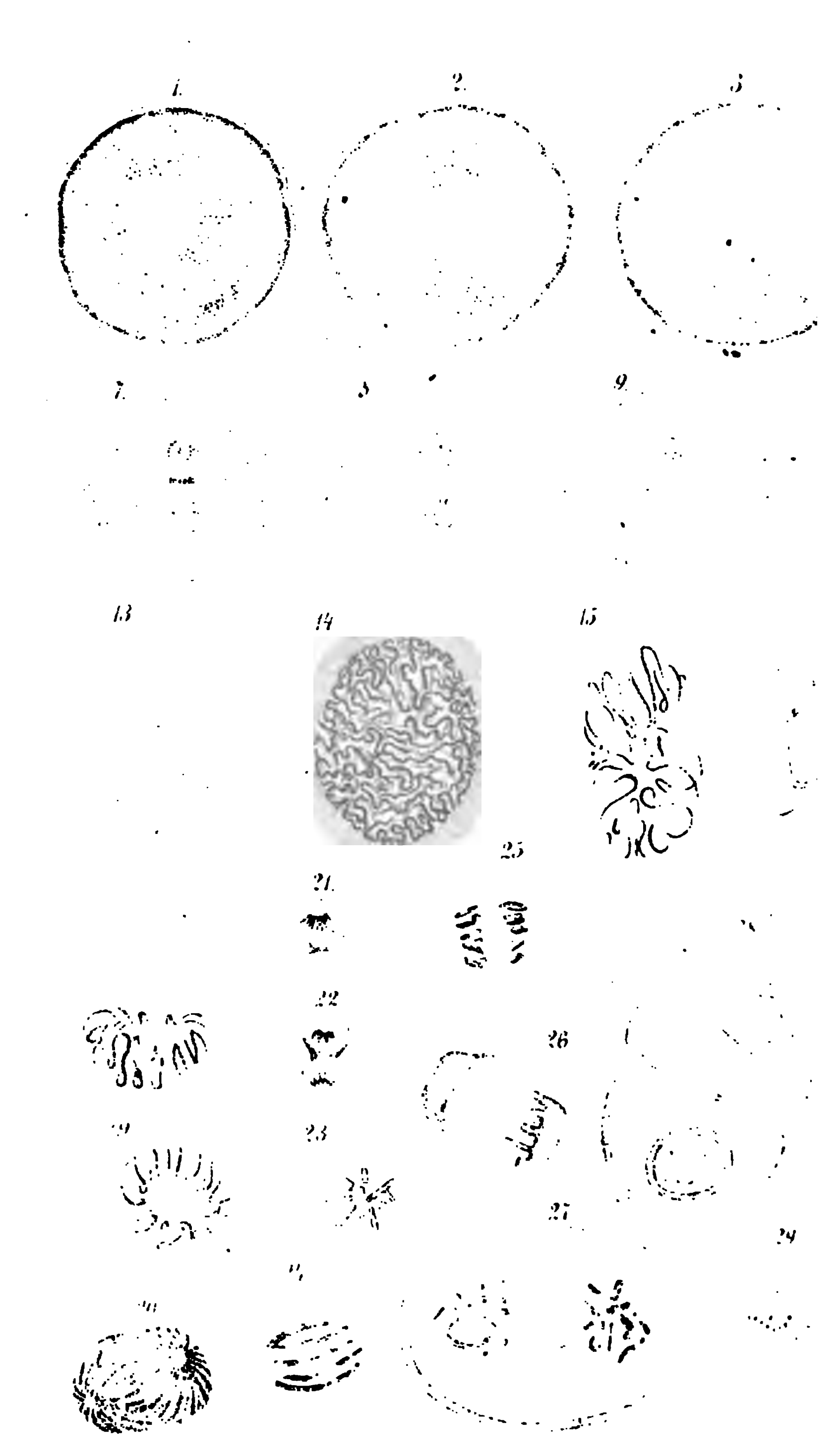
22

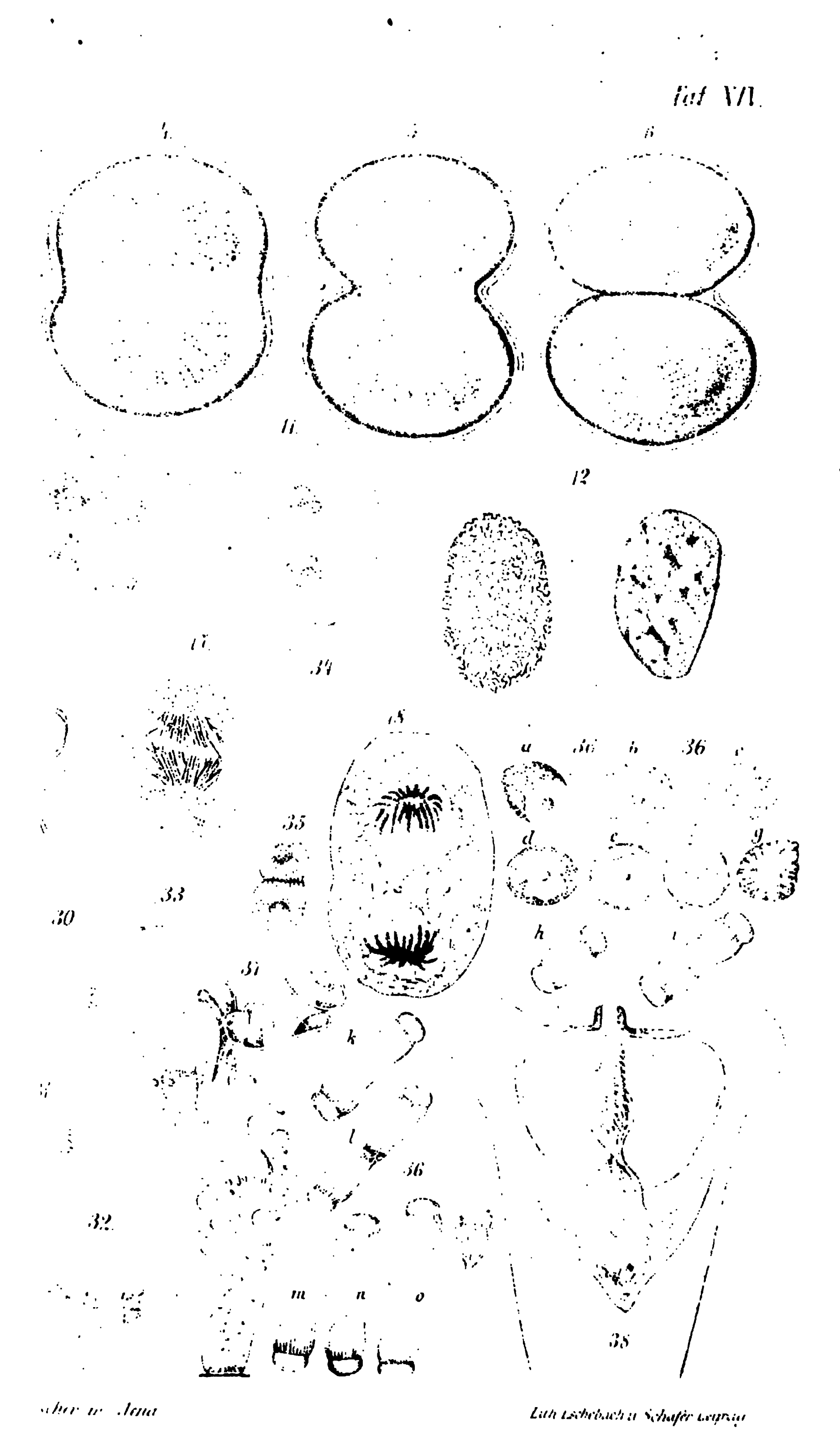
36 35 43

37




von Gustav Fischer in Jena Lith. von Lane




Taf. XVI.
Jena
Lith. Eschebach u. Schäfer Leipzig









581.8 .S897z ed.3 C.1
Zellbildung und Zelltheilung.
Stanford University Libraries
3 6105 033 204 830

